

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin
der Universität Düsseldorf
Direktor: Professor Dr. Dr. G. Jansen

Untersuchung über die Breite der thermischen
Behaglichkeitszone in Abhängigkeit vom
Wärmeisolationswert der Körperschale und der
Kleidung

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Petra Winzer
1984

Gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

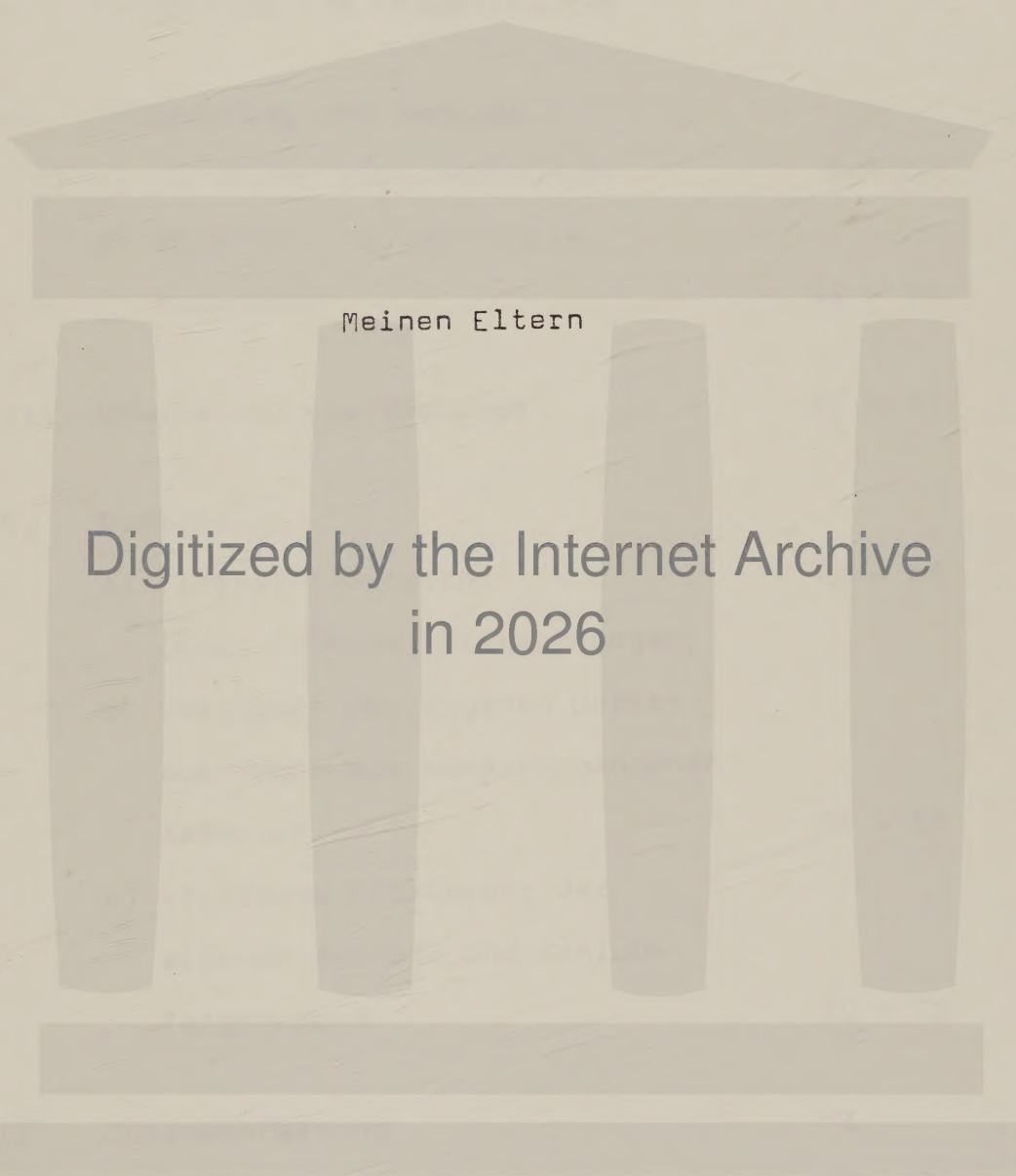
gez.: Prof. Dr. Hopf

Referent

gez.: Prof. Dr. Dr. Jansen

Korreferent

gez.: Prof. Dr. Grün



Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Gliederung

	Seite
I. Einleitung und Fragestellung	1 - 7
II. Erläuterung der Methode	
a) Räumliche Voraussetzungen	8 - 14
b) Durchführung der Untersuchungen	15 - 28
III. Untersuchungsergebnisse	29 - 43
IV. Diskussion	
a) Literaturübersicht (bzw. frühere Untersuchungen)	44 - 55
b) Vergleich der eigenen Untersuchungen mit vorausgegangenen Arbeiten	56 - 59
c) kritische Erörterung der eigenen Befunde und Schlußfolgerungen	60 - 70
V. Zusammenfassung	71
VI. Literaturübersicht	72 - 81

I. Einleitung und Fragestellung

"Der Dicke verhält sich wie der Dünne im Winterpelz".

Eine schon 1928 [34] aufgestellte Behauptung, die aber auch heute noch kaum auf großen Widerspruch treffen wird. Es gilt allgemein als eine Tatsache, daß der dickleibige Mensch schnell schwitzt, Fenster und Türen aufreißt, während der Dünne leicht fröstelt und zu wärmerer Kleidung neigt.

Man weiß also, daß für das thermische Wohlbefinden keine Standard- oder Normwerte im Sinne physikalischer Stoffwerte genannt werden können, weil trotz gleicher Raumklimakomponenten das Entwärmungsbedürfnis und Behaglichkeitsempfinden (das Wort "Behaglichkeitsempfinden" hat schon RUBNER 1896 in die Literatur eingeführt [52]) bei verschiedenen Individuen unterschiedlich ist. Als mögliche Ursachen kommen in Frage:

Geschlecht, Lebensalter, Gesundheitszustand, individuelle Konstitution, Außenklima, Bekleidung, Schwere, Art und Dauer der Beschäftigung, unterschiedliche Lebensgewohnheiten u.ä..

Für die Empfindung von Wärme und Kälte innerhalb von Räumen sind im wesentlichen folgende Komponenten maßgebend:

- a) die Lufttemperatur $[t_L]$ und deren örtliche und zeitliche Gleichmäßigkeit oder Schwankung in der Aufenthaltszone

- b) die mittl. (flächen)-gewichtete Temperatur der Raumschließungsflächen $[t_u]$
- c) die relative Feuchte der Raumluft $[rh]$
- d) die relative Luftgeschwindigkeit $[(r)v]$ in der Aufenthaltszone
- e) die Anströmrichtung der Luft bzw. die getroffene Körperpartie
- f) das Beschäftigungsniveau (die interne Wärmeproduktion des Körpers)
- g) der Wärmewiderstand der Kleidung

- Als Einheit für den Wärmewiderstand der Kleidung hat man den Wert 1 clo eingeführt, der dadurch definiert wird, daß 1 clo = $0,18 \text{ m}^2 \text{h}^\circ\text{C/cal}$ ($0,155 \text{ m}^2 \text{K/W}$) ist, d.h. 1 clo erlaubt den Wärmeverlust von 1 cal pro Quadratmeter Körperoberfläche und Stunde bei einem Temperaturgradienten von $0,18^\circ\text{C}$ zwischen Haut- und Umgebungstemperatur [40]. Dies entspricht dem Wärmeisolierwert eines leichten Herrenanzuges mit kurzer Unterwäsche.

All diese Faktoren beeinflussen das thermische Wohlbefinden, wobei die Punkte a - e als Klimaelemente im engeren Sinne bezeichnet werden. Keiner dieser Faktoren ist für sich allein zu bewerten, sondern erst die Resultierende aus mehreren Komponenten ist maßgebend für den wärmephysiologischen Effekt auf den Menschen. Klima ist eine Komplexgröße.

Überall, wo man ein künstliches Klima schafft, in dem sich Menschen aufhalten, sollte angestrebt werden, daß die thermische Umgebung so abgestimmt wird, daß die einzelnen Personen sich thermisch behaglich fühlen.

- Thermisches Wohlbefinden für eine Person kann als der Zustand definiert werden, wobei der Einzelne seine Zufriedenheit mit der thermischen Umgebung ausdrückt, d.h. er würde weder eine wärmere noch eine kältere Umgebung vorziehen [11].

Für jedes Individuum existiert bei vorgegebenem Aktivitätsgrad, Bekleidung, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte eine solche Ambivalenz-, Neutral-, Indifferenzzone, sprich Behaglichkeitszone -.

In der Regel ist man sich eines behaglichen Raumklimas kaum bewußt, nimmt dafür aber ein unbehagliches Klima der Umwelt um so eher wahr, je mehr dieses von den behaglichen Werten abweicht.

Sobald sich mehrere Personen in einem Raum aufhalten, kann es schwierig werden, alle gleichzeitig thermisch zufrieden zu stellen, weil die oben beschriebenen individuellen Unterschiede zu berücksichtigen sind.

P.O. F A N G E R, Dozent an der Technischen Hochschule in Kopenhagen, hat 1970 eine Behaglichkeitsgleichung aufgestellt, in die die wesentlichen Variablen, die das Wärme-gleichgewicht des Körpers und damit den Komfortzustand beeinflussen, eingehen.



Die komplexe, weltweit anerkannte Formel, ist nur mit EDV zu lösen. Vereinfacht kann sie folgendermaßen dargestellt werden:

Summe der Wärmeproduktion = Summe der Wärmeabgabeanteile

$$M = R + K + E$$

M = die gesamte Wärmeerzeugung des Körpers

R = die Wärmeabgabe durch Strahlung

K = die Wärmeabgabe durch Konvektion

E = die Wärmeabgabe durch Verdampfung

Behaglichkeit ist also an geregelte körperliche Wärmewirtschaft gebunden. Das Ziel des menschlichen Thermoregulationssystems ist es, die Körperkerntemperatur konstant auf ca. 37°C zu halten. Hierfür ist es notwendig, daß die Wärmebilanz ausgeglichen ist, so daß die Wärmeverluste an die Umgebung der Wärmeproduktion im Körper entspricht.

Der Mensch besitzt sehr effektive Mechanismen (z.B. Hautdurchblutung, perspiratio insensibilis, chem. Wärmeregulation) die sicherstellen, daß die Wärmebilanz in einem großen Bereich Änderungen von Umgebungsparametern ausgleicht. Dies ist jedoch keine ausreichende Bedingung für thermische Behaglichkeit.

In dem großen Bereich, in welchem die Wärmebilanz aufrecht erhalten werden kann, gibt es nur einen kleinen Bereich, der thermische Behaglichkeit verschafft. (S. S. 62)

Für eine experimentelle Bestimmung der Behaglichkeitszone stellt sich nun die Frage, wie der Behaglichkeitsbereich objektiv zu erfassen ist.

Die aus Luftgeschwindigkeit, Lufttemperatur und mittl. Umgebungstemperatur resultierende Kühlstärke eines Raumes läßt sich mit einem Stabthermometer besonderer Ausführungsform, dem Katathermometer, messen [48]. Man hat versucht, hiermit die Abkühlung des menschlichen Körpers zu bestimmen und die Größe als Maßstab für Behaglichkeit zu verwenden. Dieses Vorgehen hat sich in der Praxis nicht durchgesetzt, in erster Linie weil häufig keine Übereinstimmung zwischen physikalisch gemessener Abkühlung einerseits und subjektivem Empfinden andererseits gefunden wurde.

Man ging mehr und mehr über, den Menschen selbst - d.h. seine subjektive Empfindung - als Maßstab zu verwenden. Dies führte zum Begriff der "empfundenen" Temperatur. Ein solches Vorgehen erschwert natürlich die Ermittlung universeller, jederzeit reproduzierbarer Ergebnisse, da jede Untersuchung von Individualitäten der Probanden geprägt wird. Daher wurden auch bei der Ausarbeitung von Behaglichkeitsindices in verschiedenen Laboratorien in unterschiedlichen Untersuchungen nicht immer übereinstimmende Werte ermittelt.

Eine bedeutende Globaluntersuchung über das thermische Wohlbefinden wurde in den sechziger Jahren an der technischen Universität von Kopenhagen (FANGER et al.) durchgeführt.

In umfangreichen Studien wurden hier Tabellen und Nomo-
gramme für alle möglichen Kombinationen der Klimaelemente
aufgestellt. Die Versuchspersonen, an denen die Untersu-
chung erhoben wurde, stellte ein Normalkollektiv aus der
Bevölkerung, in diesem Fall von Dänemark, dar und waren
willkürlich ausgesucht. In diese Untersuchung gehen also
alle individuellen Unterschiede als zufällige Variablen
ein. Bei unserer Studie an der Universität von Düsseldorf
kam es uns aber gerade darauf an, aufzuzeigen, inwieweit
konstitutionelle Besonderheiten das Behaglichkeitsempfin-
den beeinflussen. Es sollte herausgefunden werden, in wel-
chem Maße die Breite der thermischen Behaglichkeitszone
eine Abhängigkeit von der körpereigenen Wärmeisolation,
d.h. Dicke der Körperschale, zeigt.

Aus FANGER's Veröffentlichungen war ersichtlich, daß mit
zunehmender Bekleidung nicht nur die mittl. Behaglich-
keitstemperatur sinkt, sondern auch die Breite der Behag-
lichkeitszone (durch Interpolation ermittelt) zunimmt.

Für uns schloß sich daraus die Überlegung an:

Die Körperschale liegt wie ein Mantel wechselnder Dicke
und damit wechselnder Isolationskraft um den warm zu
haltenden Kern; wenn für jedes Individuum mit zunehmen-
der Wärmeisolation der Kleidung die Breite der Behag-
lichkeitszone größer wird, dann müßte bei Personen,
die von Natur aus durch größere Körperfülle (Fettdepots)
eine bessere Isolation haben, schon unbekleidet eine

größere Temperaturleranzbreite als bei vergleichbaren dünnen Menschen vorhanden sein; diese könnte mit der Bekleidung zudem noch größer werden.

Wir wollten also den anfangs zitierten Ausspruch:
"Der Dicke verhält sich wie der Dünne im Winterpelz"
experimentell möglichst genau quantitativ erfassen.

II. Erläuterung der Methode

a) Räumliche Voraussetzungen

Beschreibung der Klimakammer [49]

Die praktischen Versuche wurden in der Klimakammer beim Staatl. Gewerbeamt Düsseldorf, Gurlittstr. 55, durchgeführt.

Seinerzeit wurde dieser im Untergeschoß des Gebäudes gelegene Raum eingerichtet, um die thermische Beanspruchung bei definierter Belastung an Hitze Arbeitsplätzen zu untersuchen. Die regeltechnischen Möglichkeiten der Kammer sind aber auch geeignet, Untersuchungen im Behaglichkeitsbereich vorzunehmen.

Die gegen die Umgebung durch geeignetes Mauerwerk und Innenaluminiumverkleidung hermetisch schall- und wärmeisolierte Kammer hat folgende Abmessungen:

Länge 3,30 m, Breite 2,80 m, Höhe 2,40 m, woraus sich ein Rauminhalt von ca. 22 m² ergibt.

In die Vorderwand der Kammer ist ein ca. 1 m² großes, mehrfach verglastes Sichtfenster eingelassen, das den Blickkontakt mit der Versuchsperson ermöglicht.

Der Zugang erfolgt seitlich durch eine panzerschrank-ähnliche Tür.

Im Innern der Kammer befinden sich an den Seitenwänden zwei sich gegenüberliegende "Klimaschränke". Sie haben die Ausmaße: 1,20 m x 0,60 m x 2,20 m.

Die Luftumwälzung erfolgt über je vier Ventilatoren an der Rückseite der Schränke. Aus diesem Grunde ist jede Änderung der Kammertemperatur mit einer gewissen Luftbewegung verbunden; auf diese Erscheinung wird später im Abschnitt Luftgeschwindigkeit noch eingegangen.

Zur Temperaturanhebung stehen drei stetige und eine geregelte Elektroheizung zur Verfügung. Die Kühlung erfolgt mittels zweier Frigen-Kompressor-Kühlmaschinen, die einen Solevorratsbehälter auf -15°C abkühlen, dieser steht durch ein Rohrsystem mit den Klimaschränken in Verbindung.

In der Konzeption der Kammer ist eine Änderung der Strahlungstemperatur durch vorläufig zwei diagonal in der hinteren rechten und vorderen linken Ecke der Kammer angebrachten Strahlentürme möglich. Diese im Durchmesser 0,50 m und ca. 2,00 m hohen zylindrischen Türme sind vom Schaltpult aus um 180°C drehbar, da je eine Seite mit Aluminiumplatten und die andere Seite mit Keramik-Infrarot-Strahlern ausgestattet ist. Die mit Sole durchströmten Aluminiumplatten können b.B. Temperaturen bis zu -10°C annehmen; im Gegensatz dazu lassen sich an den Keramikplatten Flächentemperaturen zwischen ca. 50°C und 500°C einstellen. Auf diese Weise ist die mittlere Strahlungstemperatur theoretisch beliebig variierbar.

Es sei bereits darauf hingewiesen, daß diese Möglichkeit der Temperaturregelung bei den durchgeführten Versuchen

nicht zur Anwendung kam und nur der vollständigen Kammerbeschreibung halber hier erwähnt wird.

Die Regelung der Luftfeuchtigkeit erfolgt über zwei Mechanismen. Eine Erhöhung der Luftfeuchte wird mittels eines an der Rückwand der Kammer befindlichen Umluftventilators, der heißen Wasserdampf einbläst und an den Klimaschränken vorbeileitet, erreicht.

Entfeuchtung erfolgt über ein soleversorgtes Kühlregister, an dem sich Kondenswasser bildet, das aus der Kammer abgeleitet wird.

Die 4. Klimakomponente - die Luftgeschwindigkeit - wird durch die in den Kammerschränken befindlichen Ventilatoren und dem Umluftventilator an der Rückwand geregelt.

Ihre Leistung kann über einen Stelltransformator manipuliert und auf einen bestimmten konstanten Wert gehalten werden.

Grundsätzlich sind Luftgeschwindigkeiten zwischen 0 m/s und 3 m/s zu erreichen. Da aber die Ventilatoren gleichzeitig die erwärmte oder abgekühlte Luft transportieren, ist es aus technischen Gründen nicht möglich, die Luftgeschwindigkeit über längere Zeit um oder unter 0,1 m/s, was üblichen Raumklimabedingungen entsprechen würde, zu halten. Lokale Überhitzung der Klimaschränke wäre die Folge. Daher wurde die Untersuchung bei einer konstanten Luftgeschwindigkeit von 0,5 m/s durchgeführt.

Hierdurch wird die Verbindlichkeit der Ergebnisse für norm. Innenraumbedingungen (0,1 m/s) eingeschränkt.

Zur Registrierung der einzelnen Klimagrößen sind in der Kammer an mehreren Stellen verschiedene Meßfühler angebracht, deren Anzeige am Schaltpult über Drehspulinstrumente erfolgt.

Die Lufttemperatur $[t_L]$ wird mit sechs Widerstandsthermometern gemessen. Acht Kontaktthermometer ermöglichen die Bestimmung der Flächentemperatur $[t_U]$.

Ein Globusthermometer (Gummiballon mit zentrisch angeordnetem Quecksilberthermometer) in der Kammermitte zeigt den Durchschnittswert aus Luft- und mittl. Strahlungstemperatur, die Globetemperatur $[t_{G1}]$, an [58].

$$\text{Gleichung: } [t_K] = [t_{G1}] \frac{[t_L] + [t_U]}{2}$$

In Voruntersuchungen wurde festgestellt, daß einem Temperatursprung von 2°C der Lufttemperatur das Globusthermometer mit einer Verzögerung von 3 min (= Flächentemperaturangleichzeit) folgt.

Da es im Sinne der Versuchsdurchführung erwünscht war, die Differenz zwischen Luft- und Strahlungstemperatur möglichst gering zu halten, wurde bei Temperaturänderung stets auf eine Ausgleichszeit von > 3 min geachtet.

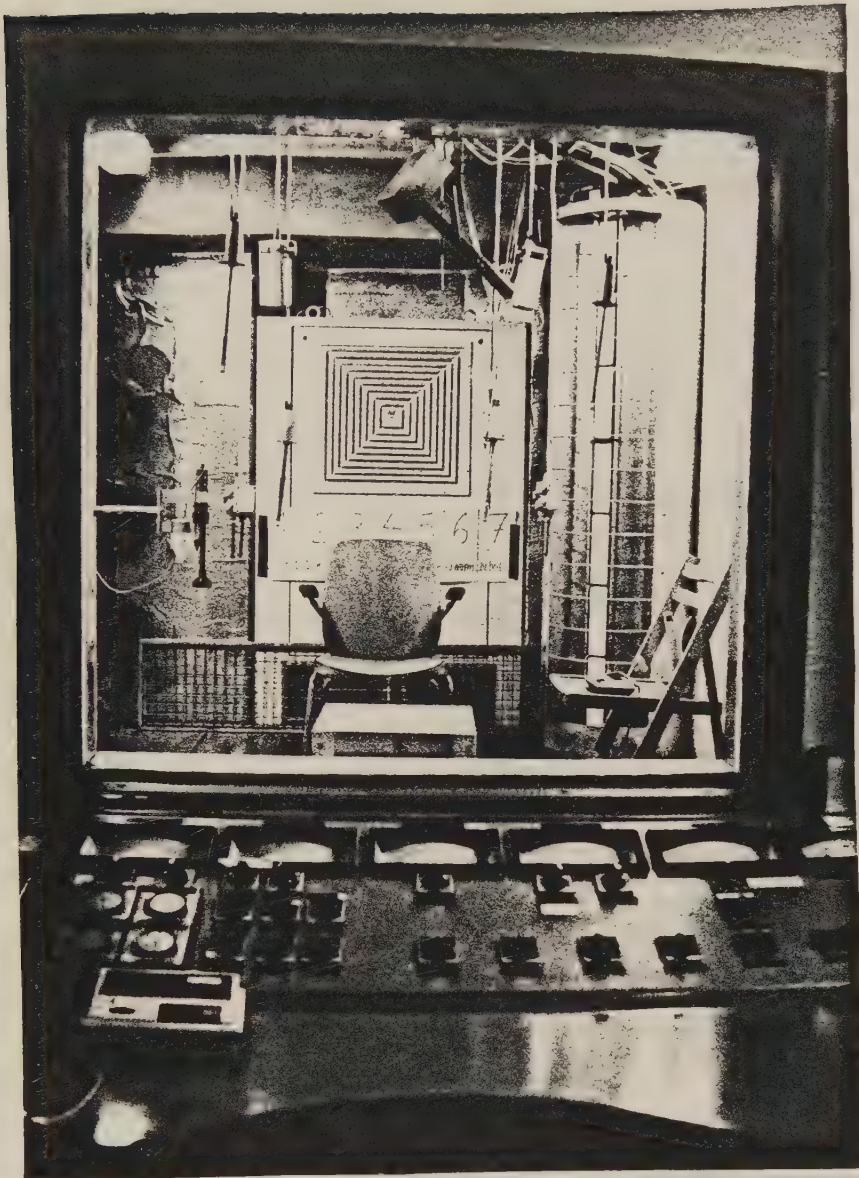
So konnte $[t_L] = [t_U]$ angenommen und die Innentemperatur der Kammer mit $[t_K] = \text{Kammertemperatur}$ bezeichnet werden.

Messung dieses Wertes erfolgte über ein seitlich in Höhe der Versuchsperson angebrachtes Aspirationspsychrometer. Dieses mit Trocken- und Feuchtthermometer ausgestattete Meßinstrument zeigt digital die Trocken- und Feuchttemperatur sowie mit 4 s Verzögerung den daraus berechneten Wert für die relative Feuchte an.

Der Meßfehler des Instrumentes wird vom Hersteller mit $\pm 1\%$ angegeben.

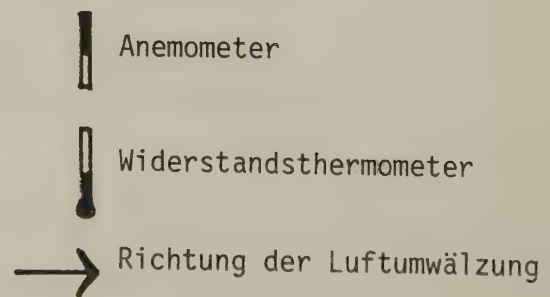
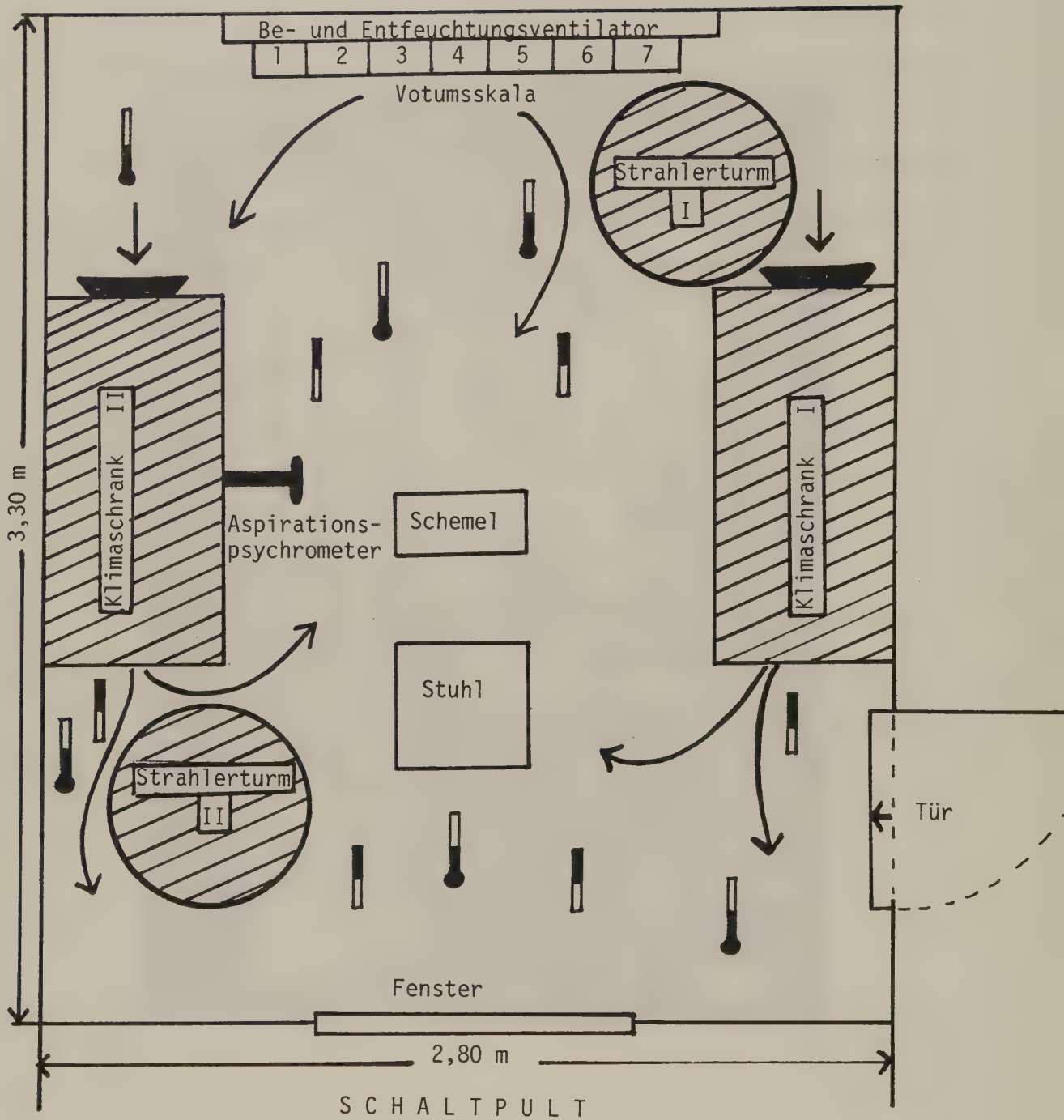
Die Luftbewegung in der Kammer wird mit sechs temperaturkompensierten-thermoelektrischen Hitzedrahtanemometern gemessen.

In Sitzposition am Schaltpult außerhalb der Kammer können alle Anzeigetafeln gleichzeitig überblickt werden. Die Probanden hatten während der Untersuchung keine Blickmöglichkeit auf das Schaltpult.



Blick vom Schalterpult in die Kammer

(während der Versuche saßen die Probanden
mit dem Rücken zum Fenster)



Schemazeichnung der Kameraufsicht

b) Durchführung der Untersuchungen

Während der Untersuchung wurde nur die Raumtemperatur als Klimafaktor variiert, die anderen Klimakomponenten versuchte man möglichst konstant zu halten.

Die relative Luftfeuchte, die im Behaglichkeitsbereich keine wesentliche Rolle spielt [20], lag zwischen 50 % und 70 %. Ein konstanter Wert war nicht zu erreichen. (Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde zum Vergleich eine Umrechnung auf konstant 70 % rh bzw. konst. 50 % vorgenommen.)

Wie in II.a) bereits erläutert wurde, liefen die Untersuchungen bei einer (rel.) Luftgeschwindigkeit $[(r)v]$ von 0,5 m/s ab. Dieser Wert ist für einen sitzenden unbekleideten Menschen mit einem mittleren körperoberflächenspezifischen Brutto-Energieumsatz (P/A) von $50 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$ ($= 60 \text{ W/m}^2$) - die Probanden saßen während der ganzen Zeit ruhig auf einem Stuhl und waren evtl. mit Lesen beschäftigt - etwas zu hoch; besonders weil die zugluftempfindliche Nacken- und Rückenpartie der Probanden von der Luft angeströmt wurde. Dennoch wichen die ermittelten Behaglichkeitswerte im Durchschnitt nur unwesentlich von den nach FANGER [11] zu erwartenden Werten ab.

Aus FANGER's Tabellen für einen Energieumsatz von $50 \text{ Kcal/m}^2\text{h}$ wurden die Erwartungswerte für die Behaglichkeitszonen-

Mittentemperatur (M_Z) und die Grenztemperaturwerte (O_Z und U_Z) durch Interpolation aus den Hauptbeurteilungen gemäß den Bewertungszahlen $- 0,5$ bis $+ 0,5$ ermittelt, d.h. für "3,5" bis "4,5" um den Zentralwert der Behaglichkeit ("4" = Neutralpunkt).

(s. Tabellen 1 bis 3).

FANGER machte keine Untersuchungen bei einer Kleidung mit Wärmeisolationenwert (I) = 0,1 clo und 0,5 m/s Luftgeschwindigkeit; nur für Wärmeisolationenwerte der Kleidung ab $I = 0,25$ clo wurden Daten bei dieser Luftgeschwindigkeit erhoben.

Zur Versuchsorientierung für eine Kleidung mit $I = 0,1$ clo bzw. 1,5 clo ging man von diesen Werten aus, woraus sich ein Erwartungsbereich zwischen 28.3°C und 30.0°C für die Bedingung 0,25 clo und 20.0°C und 24.0°C für die Bedingung 1,5 clo bei einem Normalkollektiv ergab.

Es zeigte sich, daß sich neben der Generallage auch die Breite der thermischen Behaglichkeitszone mit zunehmender Wärmeisolation durch die Kleidung ändert.

$1,7^{\circ}\text{C}$ Zonenbreite bei 0,25 clo stehen $4,1^{\circ}\text{C}$ bei 1,5 clo gegenüber.

All diese von FANGER erhobenen Daten bezogen sich auf ein Normalkollektiv, das heißt auf hauptsächlich Normgewichtige mit statistisch etwa gleicher Anzahl von Personen im unter- und Übergewichtigen Bereich.

Tabelle 1

Ermittlung der Behaglichkeitszone (Voten "3,5" bis "4,5") nach FANGER [1] für die Luftfeuchtebedingung $rh \approx 50\%$, Luftgeschwindigkeit $rv = 0,5 \text{ m/s}$ und die Bekleidung $I = 0,25 \text{ clo}$

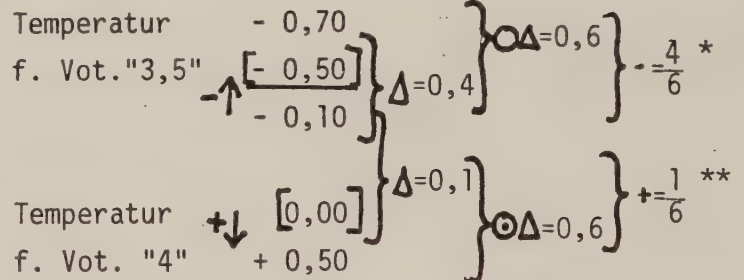
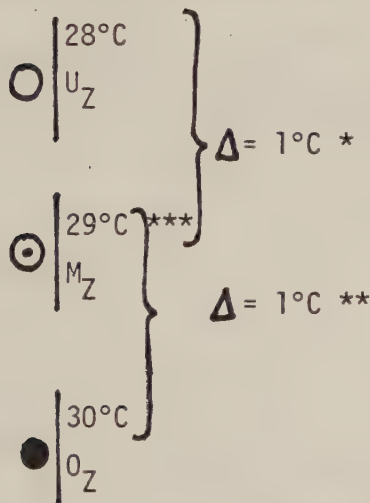
Activity Level 50 kcal/m²hr

Clothing clo	Ambient Temp. °C	Relative Velocity (m/s)								
		<0.10	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	1.00	1.50
0.25	24.	-1.52	-1.52	-1.80	-2.06	-2.47				
	25.	-1.05	-1.05	-1.33	-1.57	-1.94				
	26.	-0.58	-0.61	-0.87	-1.08	-1.41	-1.67	-1.89	-2.66	
	27.	-0.12	-0.17	-0.40	-0.58	-0.87	-1.10	-1.29	-1.97	-2.41
	28.	0.34	0.27	0.07	-0.09	-0.34	-0.53	-0.70	-1.28	-1.66
	29.	0.80	0.71	0.54	0.41	0.20	0.04	-0.10	-0.58	-0.90
	30.	1.25	1.15	1.02	0.91	0.74	0.61	0.50	0.11	-0.14
	31.	1.71	1.61	1.51	1.43	1.30	1.20	1.12	0.83	0.63

Tabellenabweichung der Voten von der Neutraltemperatur (Votum "4")

Umrechnungstemperatur
nach Tabelle

Aufgabe

Tabellenabweichung der
Voten von der Neutraltemp. ("4")

=Temperatur
f. Vot. "4,5"

$$\begin{aligned}
 & \text{30,00°C} = O_Z \quad \text{Obere Grenztemperatur} \\
 & * \quad 29 - \frac{4}{6} (\cdot 1) = 28,33°C = U_Z \quad \text{Untere Grenztemperatur} \\
 & ** \quad 29 + \frac{1}{6} (\cdot 1) = 29,17°C = M_Z \quad \text{Behaglichkeits-Mittentemperatur}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 O_Z - U_Z = B_Z &= 30,0°C - 28,33°C = 1,67°C = \text{Breite der Behaglichkeitszone} \\
 M_Z &= 29,17°C \pm 0,84°C
 \end{aligned}$$

Tabelle 2

Ermittlung der Behaglichkeitszone (Voten "3,5" bis "4,5") nach FANGER [11] für die Luftfeuchtebedingung $rh \approx 50\%$, Luftgeschwindigkeit $rv = 0,5 \text{ m/s}$ und die Bekleidung $I = 1,5 \text{ clo}$

Activity Level 50 kcal/m²hr

Clothing clo	Ambient Temp. °C	Relative Velocity (m/s)							
		<0.10	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	1.00 1.50
1.50	14.	-1.36	-1.36	-1.49	-1.58	-1.72	-1.82	-1.89	-2.12
	16.	-0.94	-0.95	-1.07	-1.15	-1.27	-1.36	-1.43	-1.75
	18.	-0.52	-0.54	-0.64	-0.72	-0.82	-0.90	-0.96	-1.14
	20.	-0.09	-0.13	-0.22	-0.28	-0.37	-0.44	-0.49	-0.65
	22.	0.35	0.30	0.23	0.18	0.10	0.04	0.00	-0.14
	24.	0.79	0.74	0.68	0.63	0.57	0.52	0.49	0.37
	26.	1.23	1.18	1.13	1.09	1.04	1.01	0.98	0.89
	28.	1.67	1.62	1.58	1.56	1.52	1.49	1.47	1.40
									1.37

Tabellenabweichung der Voten von der Neutraltemperatur (Votum "4")

Umrechnungstemperatur
nach Tabelle

Aufgabe

Tabellenabweichung der
Voten von der Neutraltemp. ("4")

$$\left. \begin{array}{c} 18^\circ\text{C} \\ U_Z \\ 20^\circ\text{C}^* \end{array} \right\} \Delta = 2^\circ\text{C}^*$$

Temperatur

f. Vot. "3,5"

$$\begin{array}{c} -0,96 \\ \uparrow [-0,50] \\ -0,49 \end{array} \left. \begin{array}{c} \Delta = 0,01 \\ \Delta = 0,47 \end{array} \right\} \Delta = 0,47$$

$$\left. \begin{array}{c} 22^\circ\text{C} \\ M_Z \end{array} \right\}$$

= Temperatur

f. Vot. "4"

$$\left. \begin{array}{c} 24^\circ\text{C}^{**} \\ O_Z \\ 26^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta = 2^\circ\text{C}^{**}$$

Temperatur

f. Vot. "4,5"

$$\begin{array}{c} +0,49 \\ \downarrow [+0,50] \\ +0,98 \end{array} \left. \begin{array}{c} \Delta = 0,01 \\ \Delta = 0,49 \end{array} \right\} \Delta = 0,49$$

$$^{**} 24 + \frac{1}{49}$$

$$2 = 24,04^\circ\text{C} = O_Z \text{ Obere Grenztemperatur}$$

$$^* 20 - \frac{1}{47}$$

$$2 = 19,96^\circ\text{C} = U_Z \text{ Untere Grenztemperatur}$$

$$22,00^\circ\text{C} = M_Z \text{ Behaglichkeits-} \\ \text{Mittentemperatur}$$

$$O_Z - U_Z = B_Z = 24,04^\circ\text{C} - 19,96^\circ\text{C} = 4,08^\circ\text{C} = B_Z \text{ Breite der Behaglichkeitszone}$$

$$M_Z = 22,00 \pm 2,04^\circ\text{C}$$

Tabelle 3

Ermittlung der Behaglichkeitszone (Voten "3,5" bis "4,5") nach FANGER [1] für die Luftfeuchtebedingung $rh \approx 50\%$, Luftgeschwindigkeit $rv = 0,2 \text{ m/s}$ und die Bekleidung $I = 0,0 \text{ clo}$

Activity Level 50 kcal/m²hr

Clothing clo	Ambient Temp. °C	Relative Velocity (m/s)								
		<0.10	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	1.00	1.50
0	26.	-1.62	-1.62	-1.96	-2.34					
	27.	-1.00	-1.00	-1.36	-1.69					
	28.	-0.39	-0.42	-0.76	-1.05					
	29.	0.21	0.13	-0.15	-0.39					
	30.	0.80	0.68	0.45	0.26					
	31.	1.39	1.25	1.08	0.94					
	32.	1.96	1.83	1.71	1.61					
	33.	2.50	2.41	2.34	2.29					

Tabellenabweichung der Voten von der Neutraltemperatur (Votum "4")

Umrechnungstemperatur
nach Tabelle

Aufgabe

Temperaturabweichung der
Voten von der Neutraltemp. ("4")

28°C	U _Z	Δ = 1°C *	Temperatur	-1,05	Δ = 0,66	- = $\frac{11}{66} = \frac{1}{6}$ *
			f. Vot. "3,5"	$\begin{matrix} \uparrow \\ \hline -0,50 \\ \hline -0,39 \end{matrix}$		
29°C *	M _Z	Δ = 1°C **	Temperatur	-0,00	Δ = 0,39	+ = $\frac{39}{65} = \frac{3}{5}$ **
			f. Vot. "4"	$\begin{matrix} \downarrow \\ \hline -0,00 \\ \hline +0,26 \end{matrix}$		
30°C ***	O _Z	Δ = 1°C ***	Temperatur	+0,50	Δ = 0,24	+ = $\frac{24}{68} = \frac{6}{17}$ ***
			f. Vot. "4,5"	$\begin{matrix} \downarrow \\ \hline +0,50 \\ \hline +0,94 \end{matrix}$		
31°C						

$$\begin{aligned}
 *** \quad 30 + \frac{6}{17} (\cdot 1) &= 30,35^\circ\text{C} = O_Z \text{ Obere Grenztemperatur} \\
 * \quad 29 + \frac{1}{6} (\cdot 1) &= 28,83^\circ\text{C} = U_Z \text{ Untere Grenztemperatur} \\
 ** \quad 29 + \frac{3}{5} (\cdot 1) &= 29,60^\circ\text{C} = M_Z \text{ Behaglichkeits-} \\
 &\quad \text{Mittentemperatur}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 O_Z - U_Z = B_Z &= 30,35^\circ\text{C} - 28,83^\circ\text{C} = 1,52^\circ\text{C} = B_Z \text{ Breite der Behaglichkeitszone} \\
 M_Z &= 29,60^\circ\text{C} \pm 0,76^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Da die Fragestellung unserer Untersuchung aber Unterschiede im thermischen Behaglichkeitsbereich in Abhängigkeit von der individuellen fettbedingten Wärmeisolation aufzeigen will, wurde ein besonderes Probandenkollektiv aus 20 Über- und untergewichtigen Versuchspersonen im Alter zwischen 22 und 56 Jahren zusammengestellt.

Je 5 weibliche und männliche Personen bildeten zum einen die Gruppe der Übergewichtigen, zum anderen die Gruppe von Untergewichtigen. Bedingung war, daß das vorhandene Körpergewicht mindestens um 20 % vom Sollgleich Normgewicht abwich. Das Normgewicht wurde nach der Broca-Formel: Größe in cm minus 100 gleich Gewicht in Kg berechnet. Die durchschnittliche Abweichung = Broca-Index (BI) in beiden Kollektiven lag bei 30 %. Als statistische Parameter wurden verschiedene Indizes, die den Grad der Adipositas bzw. Magerkeit als stetige Größe angeben, benutzt.

1. Ponderal-Index PI [22]

Index der Körperfülle

$$\frac{100 \cdot \sqrt[3]{P}}{L} = PI$$

P = Gewicht in Kg

L = Größe in cm

(norm.: 2,35)

2. Kaupscher Index KI [47]

Körperbauindex (grobe Schätzung des Körperfett-
gehaltes)

$$\frac{P}{L^2} = KI$$

P = Gewicht in Gramm

L = Größe in cm

(norm : 2,3)

3. Körperoberfläche ϕ [55]

Näherungsformel nach DuBOIS

$$71,83 \cdot P^{0,425} \cdot L^{0,725} = \phi$$

P = Gewicht in Kg

L = Größe in cm

Vereinfacht erfolgte die Bestimmung der Körperober-
fläche nach Nomogramm [19].

Als weitere hier nicht verwendete einschlägige Körper-
bauindices gibt es noch den Rohrercher-Index =

$$\frac{P \cdot 100}{L^3} \quad \begin{matrix} (g) \\ (cm) \end{matrix} \quad \text{norm : 1,3}$$

oder der Quotient aus Ist- und Sollgewicht: norm. 0,9 - 1,1

1,25 leichte Fettsucht

1,5 mittlere Fettsucht

1,5 schwere Fettsucht

Beispiel der Parameterbestimmung:

Proband L.W. Körpergröße 162 cm Gewicht 47 kg

PI: 2,22 KI: 1,79 O : 1,47 BI : - 24 %

Am Tag der Untersuchung sollten sich die Probanden normal ernähren; während der Versuche durfte nicht gegessen werden.

Vor Versuchsbeginn wurde bei allen Personen der Blutdruck, die Pulszahl und die Rektaltemperatur bestimmt, um gravierende konstitutionelle oder infektbedingte Einflüsse auszuschließen. Außerdem stellte man Körpergröße und Gewicht fest.

In der Kammer nahmen die Probanden auf einem einfachen Holzstuhl ohne Armlehne mit Blickrichtung zur Kammerrückwand Platz. In Vorversuchen hatte sich gezeigt, daß in dieser Sitzposition die Luftströmung des Umluftventilators die Versuchspersonen besser von allen Seiten erreichte. Dennoch war eine gewisse Unterschiedlichkeit zwischen den thermischen Empfindungen an den einzelnen Körperteilen nicht zu vermeiden.

Die in den Ecken der Kammer aufgestellten Strahlertürme beeinflussten ungleich die Windrichtung. Ebenso war auch keine ganz homogene Kammertemperatur durch die Luftumwälzung zu erreichen. Es ergab sich ein Temperaturgradient vom Boden bis zur Decke von ca. + 3°C.

Eine Anpassung an das mittlere Temperaturniveau wurde durch Hochlagerung der Beine auf einen Hocker in Stuhlhöhe erreicht. In dieser Haupthöhe des Körpers war auch das Aspirationspsychrometer angebracht, so daß die ermittelte Kammertemperatur etwa der Umgebungstemperatur in unmittelbarer Nähe des Probanden entsprach.

Beim ersten Versuchsdurchlauf waren die Versuchspersonen nur mit einer Badehose bzw. Bikini bekleidet; den Übergewichtigen weiblichen Probanden war auch das Tragen eines einteiligen Badeanzuges gestattet. Der Wärmeisolationwert konnte also mit annähernd 0,1 clo für alle Personen gleich angenommen werden.

Im zweiten Untersuchungsabschnitt trugen alle Probanden Winterkleidung. Mit 1,5 clo wurde eine Bekleidung verlangt, die aus Baumwoll-Unterwäsche, Hemd oder Bluse, Pullover, Wollstrümpfen, langer Baumwollhose (Jeans) und dickem knielangem Wintermantel bestand. Da die Probanden jeweils ihre eigenen Bekleidungsstücke mitbrachten, war eine genau gleiche Wärmeisolation durch die Kleidung nicht zu erreichen; man kann jedoch 1,5 clo als Mittelwert durchaus annehmen [40].

Die Untersuchungen wurden nicht immer zur gleichen Tageszeit durchgeführt. Man konnte feststellen, daß sich der Vormittag anscheinend besser eignet, da am Nachmittag Konzentrationsschwierigkeiten häufiger zu beobachten waren. Diese resultierten zu meist aus Ermüdungserscheinungen und äußerten sich in vorübergehender Fehlbeur-

teilungen der thermischen Befindlichkeit.

Als weiterer Störfaktor kam der hohe Geräuschpegel im Kammerinneren hinzu. Die Versuchspersonen fühlten sich unterschiedlich stark durch den Lärm der Umluftmaschine in ihrer allgemeinen Behaglichkeit beeinträchtigt.

Wie weit dadurch das thermische Empfinden beeinflusst wurde, ist nicht zu beurteilen [39].

FANGER stellte bei seinen Untersuchungen [12] keinen Einfluß des Lärmpegels auf das thermische Empfinden fest. Ebenso wurde die hohe Luftgeschwindigkeit unterschiedlich toleriert. Vornämlich einige der dünnen Personen empfanden den Wind als unangenehm kühlen Luftzug und bevorzugten deshalb etwas höhere Temperaturen.

Fast alle Probanden klagten über den unbequemen und zu harten Stuhl. Um den Versuchspersonen keine zusätzliche Isolierung durch einen gepolsterten Stuhl zu verleihen, war diese Sitzgelegenheit ausgewählt worden, da die wenigen Holzstreben nur eine geringe Abschirmung boten und die Probanden die tatsächliche Raumtemperatur so auf möglichst großer Körperoberfläche spürten.

Ansonsten waren die Versuchsbedingungen und auch die Störkulisse für alle Probanden stets gleich.

Vor Untersuchungsbeginn wurde jeder über die Art der Durchführung aufgeklärt. Es wurde den Versuchspersonen

mitgeteilt, daß eine Untersuchung über die Breite der thermischen Behaglichkeitszone gemacht wird. Um objektive Ergebnisse zu bekommen, wurden jedoch keine Erwartungswerte genannt. Die Probanden wurden instruiert, in der Kammer in beschriebener Weise Platz zu nehmen (Rücken zum Fenster, Beine auf den Schemel gelegt). Im Gesichtsfeld der Versuchsperson war eine Tafel angebracht, auf der die möglichen Qualitäten der Temperaturempfindung angegeben waren. Jeder Temperaturqualität war eine Bewertungszahl zugeordnet.

<u>Votum</u>	<u>Abweichung vom Neutralpunkt</u>
"1" zu kalt	- 3
"2" zu kühl	- 2
"3" leicht kühl	- 1
"4" behaglich	0 Neutralpunkt
"5" leicht warm	+ 1
"6" zu warm	+ 2
"7" zu heiß	+ 3

Mit "4" behaglich war ein Befinden zu beurteilen, bei dem weder eine kältere noch eine wärmere Umgebungstemperatur gewünscht wurde.

Nach einer Eingewöhnungszeit von ca. 30 min an die Kammeratmosphäre wurde über die Gegensprechanlage ein akustisches Signal gegeben. Die Probanden sollten da-

raufhin nach kurzer Überprüfung der thermischen Empfindung unter Einbeziehung aller evtl. Störfaktoren ein Votum entsprechend der Skala abgeben. Es sollte nur eine Zahl genannt werden, ohne Kommentar.

Zu Beginn der Untersuchung wurde die Kammertemperatur so gewählt, daß sie mit Sicherheit unterhalb der Behaglichkeitstemperatur lag. In Schritten von $0,5^{\circ}\text{C}$ wurde die Kammertemperatur nun langsam gesteigert, bis die obere Behaglichkeitsgrenze überschritten war. Dadurch nahm die rel. Luftfeuchtigkeit, die anfangs bei ca. 70 % lag, natürlich ab und betrug geg. Ende der Untersuchung 60 - 50 %, wodurch sich die obere Grenze der Behaglichkeitszone um $0,3$ bzw. $0,7^{\circ}\text{C}$, im Mittel also um rund $0,5^{\circ}\text{C}$ an hob, wenn man konstant 70 % rh zugrunde legt (Vergl. [11], [49]).

Ca. alle 5 min erfolgte erneut ein Signal, worauf die Probanden ihr Momentanempfinden in einem Votum ausdrücken sollten. An den Grenzbereichen zwischen Votum "3" und "4" bzw. "4" und "5" wurden die einzelnen Kammertemperaturen mehrmals angeboten, um eine eindeutige Zuordnung sicherzustellen. Es durften nur ganze Zahlen genannt werden, d.h. die Versuchspersonen mußten sich auf einen bestimmten Wert festlegen.

Da der Übergang zwischen den einzelnen Befindlichkeiten natürlich fließend ist, wurde später durch Interpola-

tion der Bereich zwischen "3,5" und "4,5" als Behaglichkeitszone bewertet.

Der Versuch war beendet, wenn der Behaglichkeitsbereich eindeutig überschritten war und die Bewertungen über "5" lagen. Im Durchschnitt dauerte eine Untersuchung 2,50 h.

Nach dem ersten Teil - Proband in Badekleidung - durfte die Kammer verlassen werden und es wurde eine Erholungspause von 30 min gegeben, in der sich die Probanden umkleideten und Getränke zu sich nahmen.

Im zweiten Teil der Untersuchung nahmen die Versuchspersonen wie zuvor in der Kammer Platz, nur trugen sie diesmal Winterkleidung. Die Kammer war mit Frischluft durchströmt worden und die Temperatur entsprechend niedriger eingestellt.

Im Prinzip wurde wie beim ersten Durchlauf vorgegangen. Die Temperatur wurde gesteigert bis sie über der Behaglichkeitszone lag. Alles in allem dauerte die Untersuchung jedes Probanden 5,50 h.

Nach Abschluß des Versuches wurden die Versuchspersonen nach ihren persönlichen Eindrücken befragt. Wie schon zuvor beschrieben, hatten fast alle einige Störfaktoren anzumerken.

Unbequemer Stuhl, Ermüdungserscheinungen geg. Ende der Untersuchung, Zugluftempfindung, Konzentrationsstörungen

durch den hohen Geräuschpegel, Inhomogenität der Kam-
mertemperatur (Kopf oft schon warm, wenn die Füße noch
kalt), wurden unterschiedlich häufig beklagt.

Es bleibt noch zu bemerken, daß sich keiner der Ver-
suchspersonen überlastet gefühlt hat und daß der Ab-
lauf der Untersuchung durchaus als zumutbar empfunden
wurde.

Die Führung des Versuchsprotokolls erfolgte vom Schalt-
pult aus und hielt neben der Uhrzeit die jeweilige Kam-
mertemperatur, die relative Luftfeuchte und die ent-
sprechenden Vota fest.

Versuchsprotokoll (Beispiel):

Datum 20.12.81 Name L.W. geb. 11.11.25
Größe 162 cm Gewicht 47 kg BI - 24 %, PI 2,22 KI 1,79
T_{rec} 36,4 °C RR 110/70 mmHg Puls 76/min

Zeit	T _K (°C)	rh (%)	Vota	Bemerkungen
10 ⁰⁰	27,5	60	3	0,1 clo Bekl.
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

III. Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 4 aufgelistet. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte per Rechner beim Institut für Arbeitsmedizin der Universität Düsseldorf.

Ausgewertet wurden folgende Größen: s. II (20/21)

- | | |
|---------------------|----|
| 1. Ponderal-Index | PI |
| 2. Kaupscher Index | KI |
| 3. Körperoberfläche | O |
| 4. Broca-Index | BI |

und deren Korrelationen mit den ermittelten Werten für die Behaglichkeits-Mittentemperatur sowie die Breite der Behaglichkeitszone bestimmt.

M_{Z1} = Behaglichkeits-Mittentemperatur bei $I = 0,1 \text{ clo}$

M_{Z2} = Behaglichkeits-Mittentemperatur bei $I = 1,5 \text{ clo}$

- beides zum Vergleich der Behaglichkeitszonen-General-lage

B_{Z1} = Breite der Behaglichkeitszone bei $I = 0,1 \text{ clo}$

B_{Z2} = Breite der Behaglichkeitszone bei $I = 1,5 \text{ clo}$

- beides zum Vergleich der Behaglichkeitszonen-Breite

Diff. zwischen M_{Z1} und M_{Z2}

- Vergleich der Lageabweichung der Behaglichkeitszone bei $I = 0,1 \text{ clo}$ und $I = 1,5 \text{ clo}$

Diff. zwischen B_{Z1} und B_{Z2}

- Unterschied der Breite der Behaglichkeitszonen bei $I = 0,1 \text{ clo}$ und $I = 1,5 \text{ clo}$

Tabelle 5 zeigt die statistischen Mittelwerte $\bar{X}$ und deren Standardabweichungen $s_{\bar{X}}$.

Diese Ergebnisse sollen durch Grafik A veranschaulicht werden.

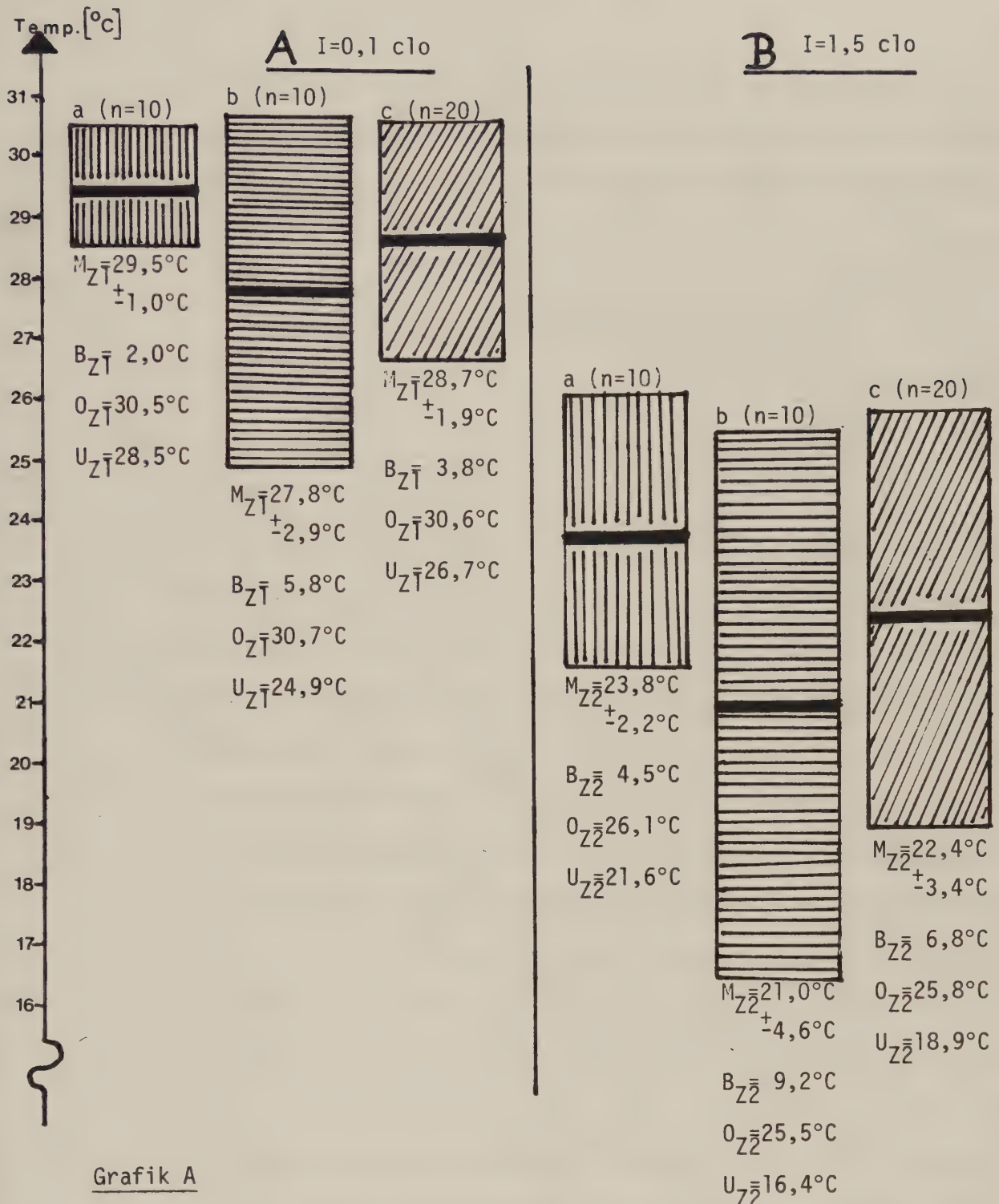
Aufstellung der Ergebnisse in tabellarischer Form

Tabelle 4

Nr.	Name	(cm)	(Kg)	(Kg)	BI	PI	0	KI	M _{Z1}	B _{Z1}	M _{Z2}	B _{Z2}	Differenz zw. M _{Z1} und M _{Z2}	Differenz zw. B _{Z1} und B _{Z2}
		Größe	Gewicht	theoret. Normgewicht n. Broca	Abweichung in %	Ponderal- Index (n:2,35)	Körper- oberfläche	Kaupscher Index (n:2,3)	Mitten- temperatur bei I=0,1clo	Zonenbreite bei I=0,1clo	Mitten- temperatur bei I=1,5clo	Zonenbreite bei I=1,5clo		
1	E.L.	195	79	95	-17	2,20	2,10	2,08	28,50	2,5	23,25	4,0	5,25	1,5
2	E.S.	176	53	76	-30	2,13	1,65	1,71	28,75	2,0	23,25	5,0	5,50	3,0
3	S.P.	188	69	88	-22	2,18	1,93	1,95	29,75	2,0	23,75	5,0	7,00	3,0
4	M.K.	181	65	81	-20	2,21	1,83	1,98	28,00	2,5	22,00	5,5	6,00	3,0
5	C.H.	184	63	84	-25	2,16	1,83	1,86	27,50	2,5	20,75	6,0	6,75	3,5
untergew. ♂		185	66	85	-23	2,18	1,87	1,92	28,51	2,3	22,60	5,1	6,10	2,8
6	R.K.	172	54	72	-25	2,19	1,63	1,83	30,50	1,5	26,00	3,5	4,50	2,0
7	L.W.	162	47	62	-24	2,22	1,47	1,79	30,75	2,0	24,50	4,5	6,25	2,5
8	M.S.	162	46	62	-26	2,21	1,46	1,75	30,25	2,0	23,25	4,0	7,00	2,0
9	C.J.	164	50	64	-22	2,24	1,52	1,86	32,50	2,5	26,25	4,0	6,25	1,5
10	A.M.	169	34	69	-50	1,93	1,33	1,21	28,75	1,0	25,25	3,0	3,50	2,0
untergew. ♀		166	46	66	-31	2,16	1,48	1,69	30,55	1,8	25,05	3,8	5,50	2,0
X unterg. ♂+♀		176	56	76	-26	2,17	1,68	1,80	29,53	2,05	23,83	4,45	5,80	2,4
11	R.B.	178	98	78	+26	2,59	2,16	3,09	30,50	6,5	26,00	9,50	4,50	3,0
12	H.M.	176	105	76	+38	2,68	2,20	3,39	29,00	6,5	20,25	10,0	8,75	3,5
13	V.S.	187	113	87	+30	2,59	2,37	3,23	26,75	5,5	20,25	10,0	6,50	4,5
14	R.J.	195	119	95	+25	2,52	2,50	3,13	28,00	4,5	21,00	7,50	7,00	3,0
15	H.S.	180	95	80	+19	2,54	2,14	2,93	25,75	5,0	19,00	8,50	6,75	3,5
übergew. ♂		183	106	83	+28	2,58	2,27	3,15	28,00	5,6	21,30	9,10	6,70	3,5
16	S.Z.	170	84	70	+20	2,58	1,95	2,91	28,75	7,0	21,50	12,5	7,25	5,5
17	E.P.	168	92	68	+35	2,69	2,01	3,26	28,75	5,0	22,00	7,50	6,75	2,5
18	R.T.	165	82	65	+26	2,63	1,99	3,01	27,00	4,5	19,00	7,50	8,00	3,0
19	R.W.	162	78	62	+26	2,64	1,93	2,97	27,00	5,5	20,75	8,00	6,25	2,5
20	K.L.	164	102	64	+59	2,85	2,06	3,79	26,25	8,0	19,75	11,0	6,50	3,0
übergew. ♀		166	88	66	+33	2,68	1,96	3,19	27,55	6,0	20,60	9,30	6,95	3,3
X überg. ♂+♀		175	97	75	+30	2,63	2,12	3,17	27,80	5,8	20,95	9,20	6,83	3,5
X alle Pob.		176	77	76	+2	2,40	1,90	2,59	28,65	3,93	22,39	6,83	6,31	2,9

Tabelle 5:Statistische Mittelwerte $\bar{X}$ und Standardabweichungen $s_{\bar{X}}$

	Untergewichtige Probanden	Übergewichtige Probanden	alle Probanden
proz. Abweichung nach Broca	$\bar{X} - 26,1$ $s_{\bar{X}} (9.110)$	$+ 30,4$ (11.654)	$+ 2,15$ (30.720)
Ponderal- Index	2,167 (0.089)	2,631 (0.095)	2,399 (0.254)
Körperober- fläche	1,675 (0.242)	2,121 (0.200)	1,898 (0.315)
Kaupscher- Index	1,802 (0.236)	3,171 (0.267)	2,589 (0.744)
$M_{Z1} (0,1 \text{ clo})$	29,525 (1.511)	27,775 (1.474)	28,650 (1.708)
$B_{Z1} (0,1 \text{ clo})$	2,050 (0.497)	5.800 (1.160)	3.925 (2.111)
$M_{Z2} (1,5 \text{ clo})$	23,825 (1.728)	20,950 (2.027)	22,388 (2.778)
$B_{Z2} (1,5 \text{ clo})$	4,450 (0.926)	9,200 (1.703)	6,825 (2.778)
Diff. M_{Z1} und M_{Z2}	5,800 (1.139)	6,825 (1.118)	6,313 (0.954)
Diff. B_{Z1} und B_{Z2}	2.400 (0.699)	3.400 (0.937)	2.900 (1.216)



Darstellung der Behaglichkeits-Mittentemperatur (M_Z) und der statistischen Breite der Behaglichkeitszone (B_Z) sowie der oberen und unteren Grenztemperaturen (O_Z und U_Z) bei $P/A=50 \text{ Kcal/hm}^2$; $rv=0,5 \text{ m/h}$ und $rh \approx 50 - 70 \%$

- a =  dünne Probanden
- b =  dicke Probanden
- c =  alle Probanden

An den Ergebnissen fällt auf, daß die Breite der thermischen Behaglichkeitszone bei den Übergewichtigen Versuchspersonen deutlich größer ist als bei den dünnen Probanden.

	Übergewichtige	Untergewichtige
B_{Z1}	5,8°C	2,1°C
B_{Z2}	9,2°C	4,5°C

Die Varianzanalyse mittels F-Test [57] ergab, daß die Aussage - je dickleibiger eine Person ist, desto größer ist ihre thermische Behaglichkeitszone - noch einer Signifikanzprüfung mit $p = 0,01$ (1,0 %) standhält. (Tab. 7)

Betrachtet man die Generallage der Behaglichkeits-Mittentemperatur, sieht man, daß diese bei den Personen mit Übergewicht in einen tieferen Bereich verlagert ist. Die Behaglichkeitszone verbreitert sich nennenswert nur nach unten, zu tieferen Temperaturen hin.

Unter Berücksichtigung der Luftfeuchte-korrigierten Werte auf 70 % ergeben sich für $I = 0,1$ clo fast gleiche O_Z -Werte (s. 43).

Es besteht eine Korrelation zwischen Behaglichkeits-Mittentemperatur und Breite der Behaglichkeitszone

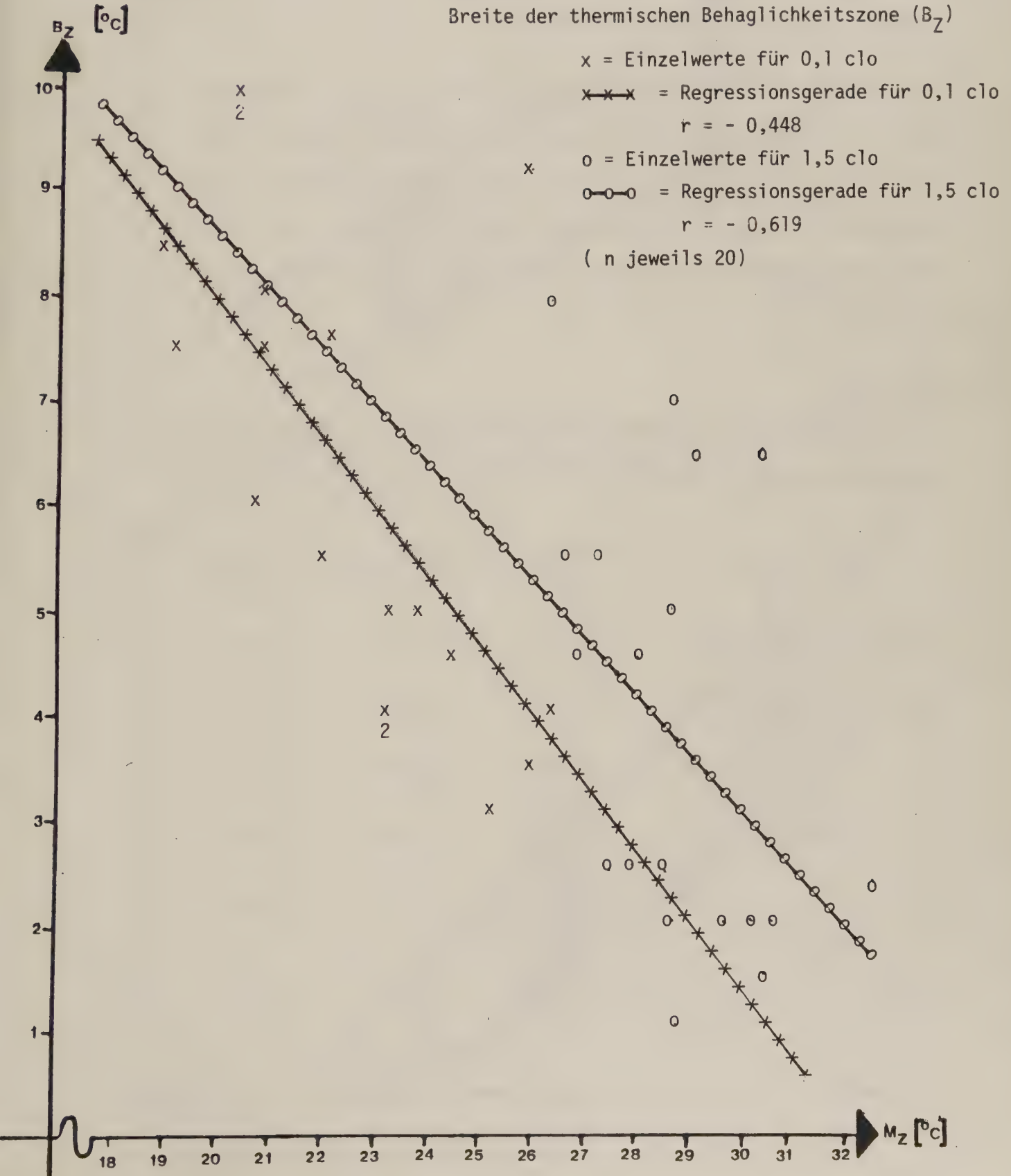
für 0,1 clo Bekleidung $r = -0,448$ $p < 0,05$

für 1,5 clo " $r = -0,619$ $p < 0,01$

(Veranschaulichung dieser Zusammenhänge in Grafik B).

Regressionsgeraden zwischen Generallage der
Behaglichkeits-Mittentemperatur (M_Z) und der
Breite der thermischen Behaglichkeitszone (B_Z)

Grafik B_x



Im nächsten Analyseschritt wurden die Korrelationen zwischen den verschiedenen Körperbauindices und den experimentell gefundenen Werten geprüft.

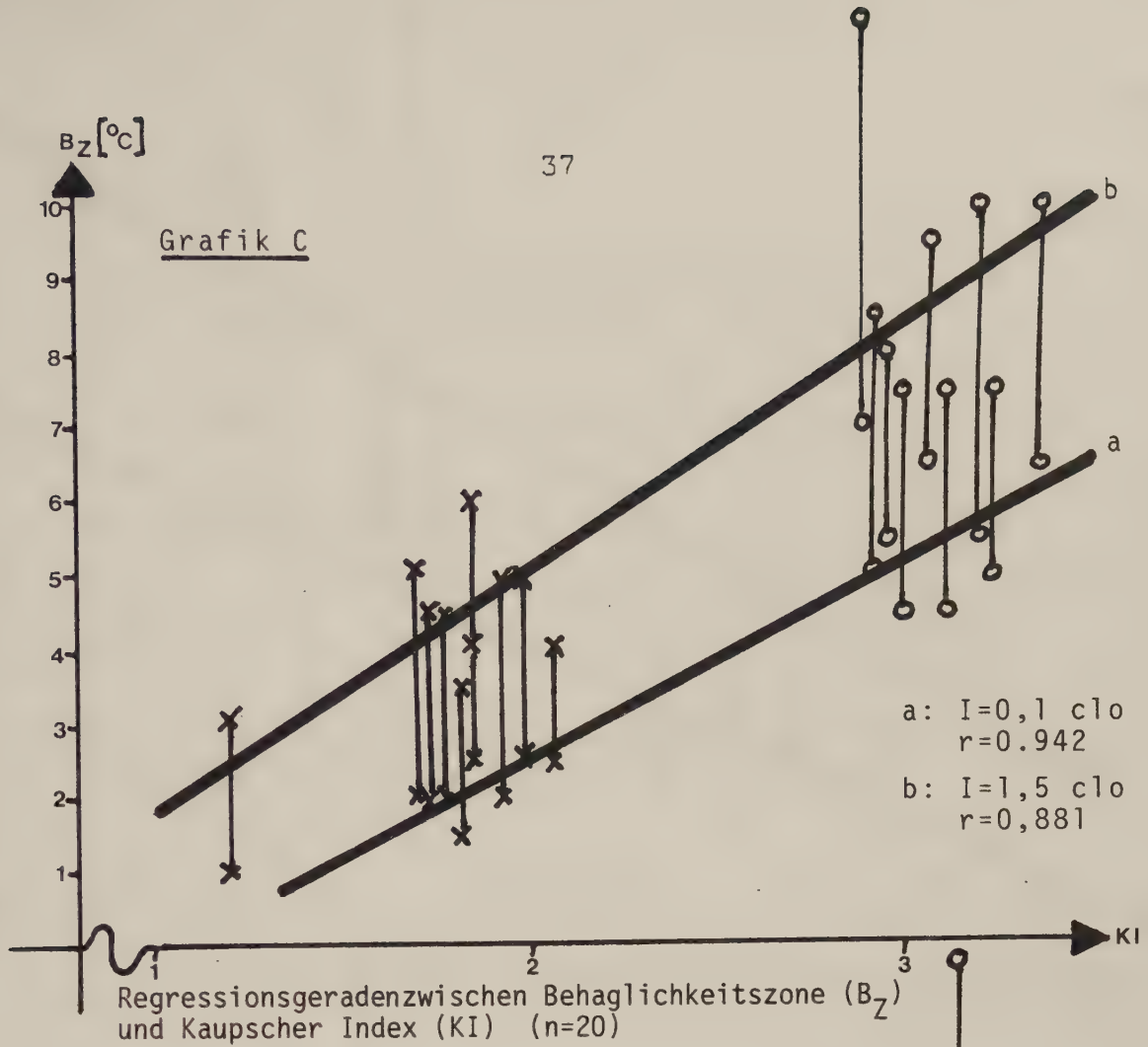
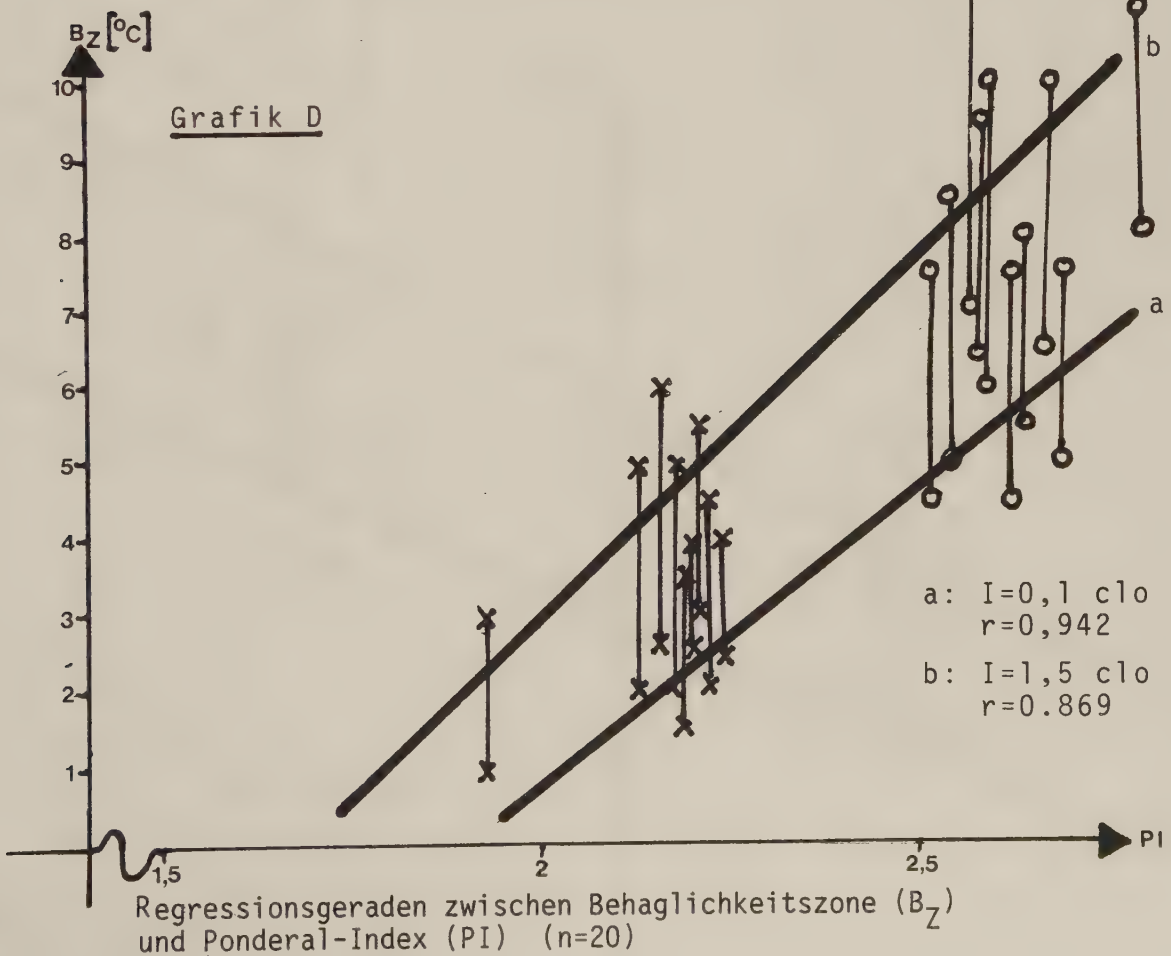
Tabelle 6 zeigt die Korrelationskoeffizienten und deren Signifikanz. Für alle Parameter ergibt sich eine auffallend hohe Korrelation in Bezug auf die Behaglichkeitszonenbreite $p = 0,005$; Ausnahme Körperoberfläche und Breite der Behaglichkeitszone, hier kann nur ein $p = 0,01$ erfüllt werden.

Tabelle 6:

Korrelationen der verschiedenen Körperbauindices zur Behaglichkeitsempfindung

	Broca-Index	Ponderal- Index	Körperober- fläche	Kaupscher Index
M_{Z1} (0,1 clo)	0.501 *	0.520 *	0.453 *	0.510 *
B_{Z1} (0,1 clo)	0.946 ***	0.942 ***	0.675 **	0.942 ***
M_{Z2} (1,5 clo)	0.642 **	0.624 **	0.588 **	0.646 **
B_{Z2} (1,5 clo)	0.877 ***	0.869 ***	0.682 ***	0.881 ***
Diff. M_{Z1} u. M_{Z2}	0.504 *	0.527 *	0.411 *	0.503 *
Diff. B_{Z1} u. B_{Z2}	0.460 *	0.446 *	0.492 *	0.480 *

Anmerk. * $p = 0.05$ ** $p = 0.01$ *** $p = 0.005$

Grafik CGrafik D

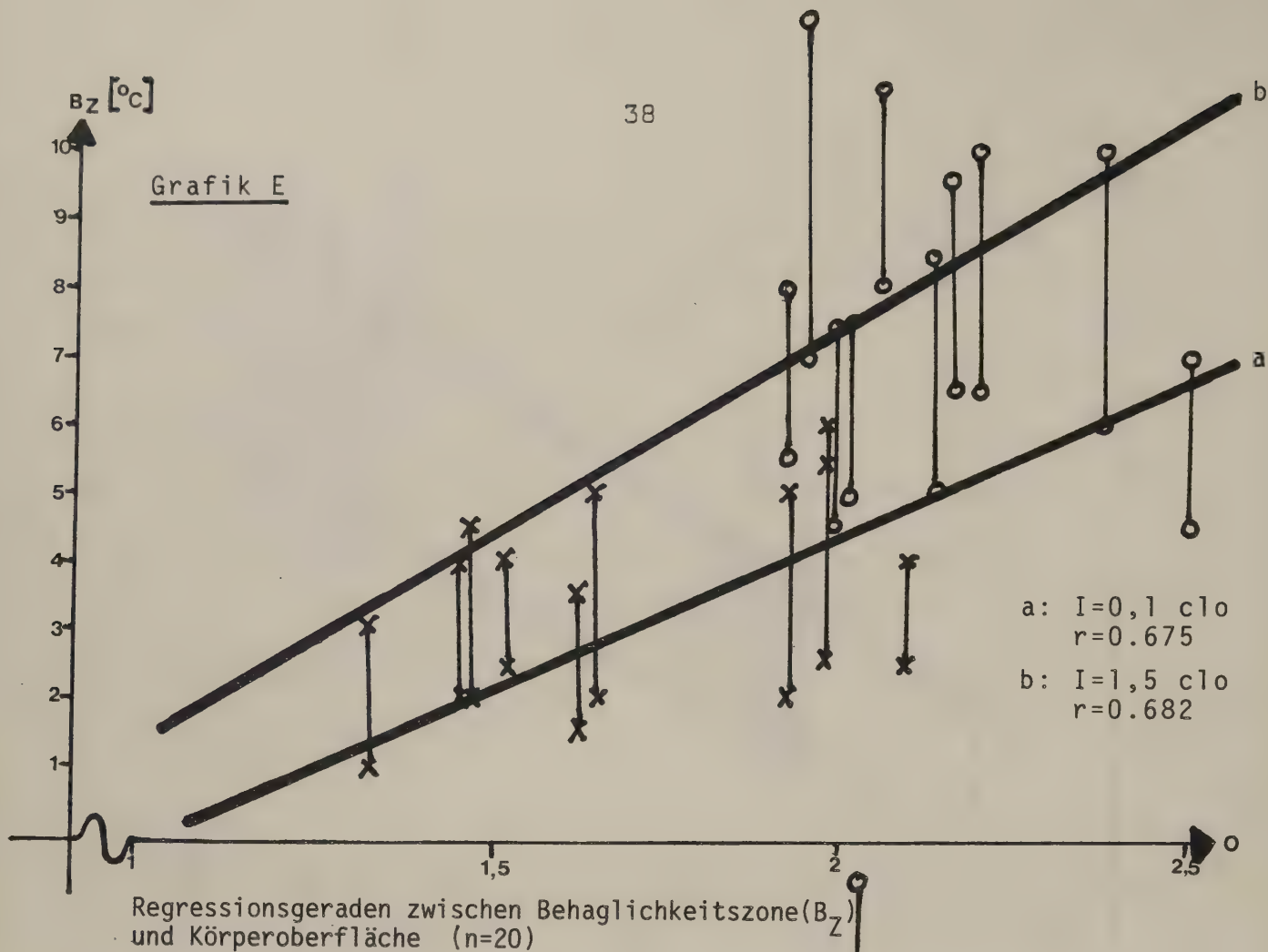
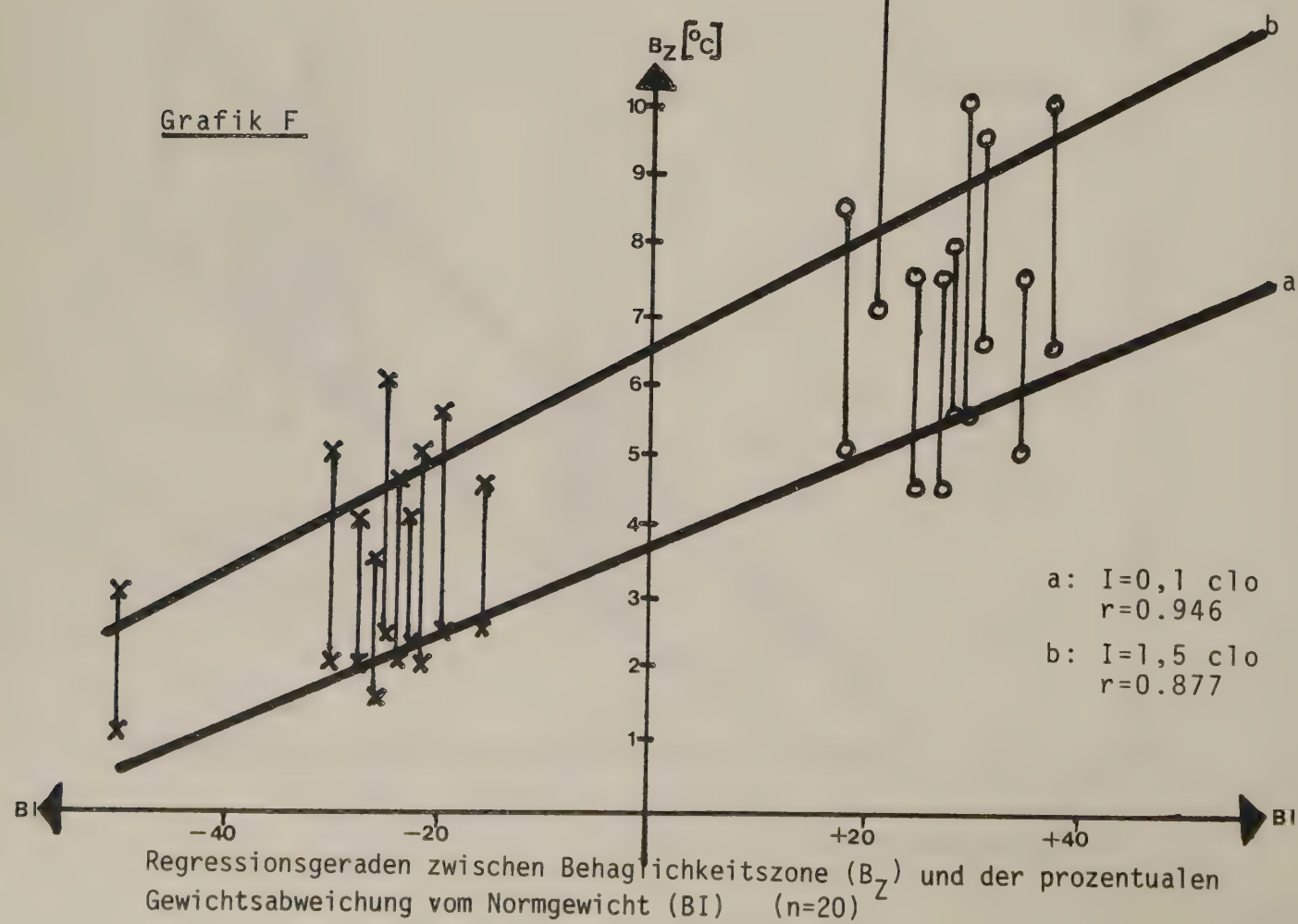
Grafik EGrafik F

Tabelle 7:

Signifikanzprüfung hinsichtlich Geschlecht und der Gewichtszuordnung (Angabe von F) (df1 = 1 ; df2 = 18)

	Gewichtszuordnung	Geschlecht
proz. Abweichung nach Broca (BI)	145.891 **	0.001 n.s.
Ponderal-Index (PI)	127.730 **	0.106 n.s.
Körperoberfläche (O)	20.148 **	8.388 **
Kaupscher-Index (KI)	147.514 **	0.810 n.s.
M _{Z1} (0,1 clo)	6.871 *	1.103 n.s.
B _{Z1} (0,1 clo)	88.351 **	0.003 n.s.
M _{Z2} (1,5 clo)	11.650 **	0.680 n.s.
B _{Z2} (1,5 clo)	60.033 **	0.188 n.s.
Diff. M _{Z1} und M _{Z2}	4.137 n.s.	0.099 n.s.
Diff. B _{Z1} und B _{Z2}	7.317 *	1.402 n.s.

Anmerk.

n.s. nicht signifikant

* p = 0.05 ** p = 0.01

Zuletzt wurden noch die Geschlechtsunterschiede geprüft. Aus Tabelle 7 ist ersichtlich, daß in Bezug auf die Körperoberfläche ein signifikanter Unterschied ($p = 0.01$) besteht. Dies ist erwartungsgemäß, da Frauen im allgemeinen eine geringere Körpergröße haben und der idealen Körperform "Kugel" (größtes Volumen bei geringster Oberfläche) näher kommen.

Vergleicht man innerhalb der Gruppen die männlichen und weiblichen Probanden, so ergeben sich folgende

F-Werte: (df1 = 1 ; df2 = 18)

Tabelle 8:

	Untergewichtige	Übergewichtige
	Männer / Frauen	Männer / Frauen
M_{Z1} (0,1 clo)	8.363	0.213
	*	n.s.
B_{Z1} (0,1 clo)	3.125	0.274
	n.s.	n.s.
M_{Z2} (1,5 clo)	10.109	0.274
	*	n.s.
B_{Z2} (1,5 clo)	9.657	0.031
	*	n.s.

Daraus ergibt sich für die dünnen Versuchspersonen ein geschlechtsspezifischer Unterschied hinsichtlich der Temperaturltoleranz. Mit einem Signifikanzniveau von $p = 0.05$ bevorzugen die dünnen weiblichen Probanden eine höhere Umgebungstemperatur.

Innerhalb des Untersuchungskollektivs der Übergewichtigen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen.

Eine Überprüfung hinsichtlich der Altersverteilung wurde nicht vorgenommen, da die Streuung innerhalb der relativ kleinen Versuchsgruppe zu groß war.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

1. Die Breite der Behaglichkeitszone vergrößert sich mit steigenden (Norm)- relativen Körpergewicht.
2. Sie korreliert am besten mit der prozentualen Abweichung des tatsächlichen Gewichtes vom Normgewicht nach Broca ($r = 0.946$) und dem Kaupscher Index ($r = 0.942$), ebenso erfüllt der Ponderal-Index ($r = 0.942$) noch ein Signifikanzniveau mit $p = 0.005$. Die Korrelation mit der Körperoberfläche ($r = 0.675$) genügt noch einer Signifikanz mit $p = 0.01$.
(r -Werte für 0,1 clo Bekleidung)
3. Mit Verbreiterung der Behaglichkeitszone sinkt die Behaglichkeits-Mittentemperatur nach unten, d.h. die Behaglichkeitszone ist praktisch zu tieferen Temperaturen hin verbreitert.

4. Die Differenz der Breite der Behaglichkeitszonen zwischen 0,1 clo und 1,5 clo Bekleidung ist bei Übergewichtigen größer als bei Untergewichtigen.
5. Die Geschlechtsunterschiede lassen sich nur bei den untergewichtigen Probanden feststellen. Die dünnen Frauen bevorzugen höhere Temperaturen und weisen bei 1,5 clo Bekleidung auch eine entsprechend schmalere Behaglichkeitszone als dünne Männer auf. Bei dickleibigen Personen zeigen sich keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen Behaglichkeitstemperaturlage und -zonenbreite.
6. Die ermittelten Werte der Behaglichkeitszonengrenzen bzw. -breite sind

	bei I = 0,1 clo	bei I = 1,5 clo
für		
Untergewichtige	28,5 - 30,5°C	21,6 - 26,1°C
Übergewichtige	24,9 - 30,7°C	16,4 - 25,5°C
alle Probanden	26,7 - 30,6°C	18,9 - 25,8°C

- auf durchgehende Luftfeuchte von 70 % korrigierte

Behaglichkeitsgrenzen: [49]

Untergewichtige	28,5 - 30,2°C	21,6 - 25,8°C
Übergewichtige	24,9 - 30,0°C	16,4 - 24,8°C
alle Probanden	26,7 - 30,1°C	18,9 - 25,3°C

- auf durchgehende Luftfeuchte von 50 % korrigierte

Behaglichkeitsgrenzen: [49]

Untergewichtige	29,2 - 30,5°C	22,3 - 26,1°C
Übergewichtige	25,8 - 30,7°C	17,1 - 25,5°C
alle Probanden	27,4 - 30,6°C	19,6 - 25,8°C

IV. a) Literaturübersicht

Die thermische Behaglichkeit, als ein wichtiger Faktor für das allgemeine Wohlbefinden des Menschen, interessiert Mediziner und Wissenschaftler gleichermaßen.

Im Laufe der Jahre wurden viele Untersuchungen und theoretische Abhandlungen veröffentlicht, die sich mit der thermischen Behaglichkeit und deren Bedeutung für den Menschen befassen. Es wird hier nur ein kleiner Teil in chronologischer Reihenfolge aufgelistet, deren Inhalte zu unserer Untersuchung eine Beziehung haben.

Eine gleichgerichtete Arbeit, die sich systematisch mit den Unterschieden in der thermischen Behaglichkeitszone bei Über- und Untergewichtigen befaßt, konnte nicht ermittelt werden.

1.) Störungen der Behaglichkeit sind von funktionellen Änderungen begleitet, die den ganzen Organismus treffen.

Schon 1845 wurde die Lehre von der Regulierung der Wärmeverluste von BERGMANN [2] begründet. Er hat die für die Temperaturregulierung des homoiothermen Organismus entscheidenden Zusammenhänge erstmals erkannt und richtig gedeutet:

a.) Die Bedeutung des Kreislaufs für den konvektiven Wärmetransport und die damit verbundene Regulationsmöglichkeit

b.) Der Unterschied zwischen den homoiothermen zentralen Gebieten des Körpers und den peripher gelegenen, in denen die Temperatur nach außen absinkt und stark schwanken kann

c.) Der Wechsel im Wärmehaushalt des Körpers, der sich aus Änderungen der peripheren Durchblutung ergibt
 Außerdem erläutert er, wie mit abnehmender Durchblutung dicker werdene Gewebsschichten auskühlen und wie hierdurch das Körperinnere stärker von der Umgebung isoliert wird.

2.) 1923 untersuchten HOUGHTEN et al. [29] zum erstenmal systematisch die Lage und Breite der thermischen Behaglichkeitszone in speziellen Klimaräumen. 130 Versuchspersonen beiderlei Geschlechts unterschiedlichen Alters wurden in normaler Straßenkleidung (keine Angabe des clo-Wertes) jeweils für 2^h einer bestimmten Raumtemperatur, Luftfeuchte bei Windstille ausgesetzt. Die Untersucher kamen zu dem Ergebnis, daß eine Temp. zwischen 63°F und 66°F (17,2°C u. 18,8°C) von 50 % der Befragten als behaglich empfunden wird. Nach ihren Untersuchungen schwankt die individuelle Breite der Behaglichkeitszone zwischen 2°F und 8,5°F (1°C - 4°C) mit einem Durchschnitt von 5,4°F.

3.) Schon 1938 machten GAGGE et al. [17] den Einfluß der Kleidung auf das thermische Wohlbefinden zum Gegenstand einer Untersuchung.

In 312 Versuchsreihen an einerseits unbedeckten und andererseits mit normaler Straßenkleidung (1,5 clo) bedeckten Probanden kamen sie zu folgenden Ergebnissen:

- Eine normalgekleidete Person ist in der Lage, einen Unterschied von 8°C zwischen Haut- und Umgebungstemperatur zu tolerieren, bevor ein Kältegefühl einsetzt, ca. bei 25°C .

Der unbedeckte Mensch zeigt schon bei 29°C ein Kältegefühl. Zwischen 25°C und 29°C wird beim bedeckten Menschen der Temperatúrausgleich vasomotorisch gesteuert, während bei über 29°C Umgebungstemperatur Wärmeabgabe durch Verdunstung stattfindet. Die Untersuchung zeigt, daß zwischen der vasomotorischen Regulation und der Wärmeabgabe durch Verdunstung der Hauptvermittler der Körpertemperatur die periphere Durchblutung ist (Fettgewebe schlecht durchblutet).

- Bei einem Gradienten von $4 - 4,5^{\circ}\text{C}$ zwischen Kerntemperatur und Hauttemperatur besteht die geringste Wärmeabgabe durch Leitung bei maximaler Vasokonstriktion.
- Die Antwort des Körpers auf die Umgebungstemperatur wird allein durch die Hauttemperatur bestimmt, der einzige Unterschied besteht darin, daß bei dem bedeckten Menschen die Haut mehr geschützt ist.

4.) HARDY, J.D. und DuBOIS [24] machten 1940 Untersuchungen über die Unterschiede in der Reaktion von Frauen und Männern auf Wärme und Kälte.

Durch die Versuche mit unbedeckten Probanden kamen sie zu dem interessanten Ergebnis, daß die Behaglichkeitszone, in der Wärmeproduktion und -abgabe gleich sind, bei Frauen ca. 6°C und für Männer nur $2-3^{\circ}\text{C}$ groß ist. Sie führten dies auf die größere Isolierung durch Körperfett zurück. Sie fanden, bei gleicher Rectaltemperatur ist die Hauttemperatur bei Frauen durchschnittlich 1°C niedriger, die Metabolismusrate ist $14-20\%$ und der Wärmeverlust in der Kälte 10% niedriger.

5.) Im Gegensatz dazu kamen YAGLOU u. MESSER [65] 1941 in eigenen Untersuchungen zu der Überzeugung, daß die allgemeine Erfahrung, daß Frauen eine höhere Umgebungstemperatur bevorzugen, auf unterschiedlichen Bekleidungsgewohnheiten beruhen, da Frauen in normaler Männerkleidung kein unterschiedliches Temperaturverhalten gegenüber den Männern zeigen.

6.) HOEHNKE, K. [28] sieht 1948 einen Zusammenhang zwischen Konstitutions- und Klimatypus. Es besteht eine Korrelation zwischen trockenheißem Klima und leptosomen Konstitutionstyp sowie feuchtheißem Klima und breitwüchsigen Konstitutionstypus. Die Ursache sieht er in physiologischen (Wasserhaushalt, Wärmeregulation u. Stoffwechsel) und psychischen (schizothymen oder cyclothymen Veranlagung) Verschiedenheiten, welche diese Körperformen aufweisen und welche sie für die genannten Klimata jeweils besonders geeignet machen.

7.) BAZETT [40] führt 1949 aus, daß bei Untersuchungen herausgefunden wurde, daß 1 cm subcutane Fettschicht ca. einer Isolierung von 0,8 clo entspricht und somit 3°C Wärmetemperaturtoleranz ausmacht, was hauptsächlich auf vasomotorische Regulation zurückzuführen sei. Er gibt für die Behaglichkeitszone im Winter Temperaturen zwischen 18°C und 24°C und für den Sommer zwischen 24°C und 28°C an. Der Mensch fühlt sich behaglich, wenn seine Hauttemperatur zwischen 33°C und 34°C liegt, wobei die Umgebungstemperatur zwischen 13°C und 28°C liegen kann, wenn der Mensch richtig bekleidet ist.

8.) Zu gleichen Ergebnissen kam schon 1935 BEDFORD [4], der in einer groß angelegten Untersuchung von Industriearbeitern feststellte, daß generell die Hauttemperatur als Regulator für die Wärmeproduktion dient, daß zwar die Temperatur an den einzelnen Hautstellen sehr unterschiedlich sein kann aber eine große Korrelation zur Umgebungstemperatur zeigt.

9.) BLACK, F.W. [6] führte 1954 eine Umfrage in Londoner Bürogebäuden durch (5.400 Frauen, 5.200 Männer) und erzielte folgende Werte für den Neutralbereich:

Männer	17°C - 21°C	Breite 4°C
Frauen	17,5°C - 21,5°C	Breite 4°C

das heißt, je 50 % der Befragten empfanden diese Temperaturspanne als "neutral" im Sinne thermischen Wohlbefindens.

10.) GRANDJEAN, E. [20] fragte 1966 406 Bürotätige "Finden Sie das Raumklima heute angenehm, zu warm oder zu kalt?" und er fand heraus, daß zwischen 23°C und 24°C das Klima ungefähr gleichhäufig als zu warm oder zu kalt empfunden wurde und kommt zu dem Schluß, daß bei 30 % bis 70 % rel. Luftfeuchte eine Lufttemperatur zwischen 19°C und 23°C als behaglich empfunden wird.

11.) MORSE, N. und KOWALEZEWSKI, J. [37] haben 1967 bei eigenen Laboruntersuchungen folgende Ergebnisse erzielt: Bei 0,1 clo Bekleidung und 0,5 m/s rv 83°F ($28,3^{\circ}\text{C}$) und bei 1,5 clo Bekleidung und 0,5 m/s rv 72°F ($22,2^{\circ}\text{C}$) bei einem Aktivitätsgrad von 500 BTU/h.

12.) FANGER, P.O. [11, 12, 13], von Hause aus Naturwissenschaftler, hat die thermische Behaglichkeit zum zentralen Thema seiner Forschung gemacht. Ihm verdanken wir wohl die umfangreichsten und systematischsten Untersuchungen auf diesem Gebiet.

Viele Autoren, die sich zumeist theoretisch mit dem Thema auseinandergesetzt haben, beziehen sich auf seine objektiven Daten.

1970 [11] veröffentlichte FANGER die Ergebnisse seiner langen Studien in seinem Buch "Thermal comfort".

Er stellte als erster eine Behaglichkeitsgleichung auf, in die die quantitativen Einzelheiten jener Kombination von Umweltvariablen, aus denen eine optimale thermische

Behaglichkeit resultiert, eingeht. Sie stellt die Kombination von Aktivität, Kleidung und den 4 Klimaparametern (Lufttemperatur, rel. Luftgeschwindigkeit, mittl. Strahlungstemperatur und Wasserdampfdruck der umgebenden Luft) fest, die die thermische Behaglichkeit bestimmen.

Grundlage für diese Gleichung waren zahlreiche Einzeluntersuchungen an Probanden mit variabler Kombination aller Parameter.

Die wichtigsten, in unserem Zusammenhang zu sehenden Ergebnisse:

a) Behaglichkeitszone

0,0 clo Bekleidung rv 0,2 m/s 28,8°C-30,4°C Breite 1,5°C

1,5 clo Bekleidung rv 0,5 m/s 20,0°C-24,0°C Breite 4,1°C

b) nach seinen Untersuchungen besteht kein Unterschied im thermischen Verhalten Über- und Untergewichtiger, obwohl der Einfluß oder die Verschiedenheit zwischen Übergewichtigen und Untergewichtigen nicht direkt untersucht wurde. Es wurde ein statistischer Vergleich zwischen den Schlanken und Schwergewichtigen der Gruppe durchgeführt, d.h. es wurde das Gewicht in Relation zur Oberfläche gesetzt. Dabei fand man keine signifikanten Verschiedenheiten für stillsitzende Personen. Bei höherer Aktivität wurde nicht untersucht.

Seine Ergebnisse im einzelnen:

840 dänische Studenten

	PI	Neutraltemperatur	Diff.
Übergewichtige	2.43	25.49	-0,26 n.s.
Untergewichtige	2.21	25.75	

124 ältere Menschen

Übergewichtige	2.52	25.79	+0,17 n.s.
Untergewichtige	2.23	25.63	

Daraus sieht man (ungeachtet der Signifikanz), daß bei den jüngeren Menschen die dünnen Probanden eine etwas höhere Umgebungstemperatur bevorzugen, während es bei den älteren Menschen umgekehrt ist und die Übergewichtigen mit ihrer mittl. Temperatur sogar oberhalb der dünnen Probanden liegen.

- c) Er hat auch keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern und Frauen feststellen können (Vergl. 4.u. 5.)

13.) Im Gegensatz zu FANGER kommt NICOL [41] durch Vergleich mehrerer Studien und eigener Kontrollen an Kindern verschiedener Nationalität zu der Auffassung, daß thermische Behaglichkeit nicht mit allgemeinen Normen zu berechnen ist, da kulturelle, soziale und individuelle Voraussetzungen für jeden Menschen verschieden sind und sich jeder Mensch individuell ein eigenes Regulationssystem für thermische Behaglichkeit schafft und sich mehr oder weniger

an seine Umwelt anpaßt. Einerseits durch Nahrung und Kleidung, andererseits aber auch durch Einstellung seines individuellen Regelsystems auf die Bedingungen seiner Umwelt. Er belegt dies mit Untersuchungen an europäischen und asiatischen Probandengruppen, die je nach klimatischen Umweltbelastungen ganz unterschiedliche Lufttemperaturen als behaglich empfinden.

Z.B. englische Büroangestellte 19°C bis 22°C und indische Arbeiter bei 31°C bis 36°C .

Nach seiner Meinung ist also thermische Behaglichkeit ein Ergebnis aus individuellen Adaptationsvorgängen und von der Möglichkeit sich vor unbehaglichen Umwelteinflüssen zu schützen. Er kritisiert an FANGER's Behaglichkeitsgleichung, daß sie nur auf eine Behaglichkeitstemperatur (Neutraltemperatur) ausgerichtet ist und nicht die Behaglichkeitszone, die ja unterschiedlich groß sein kann, einschließt.

FANGER sagt dazu, daß man sich zwar an ein widriges Klima anpassen kann, die Behaglichkeitszone davon aber nicht beeinflusst wird und belegt dies mit Untersuchungen an Personen, die lange in den Tropen gelebt haben.

14.) McNALL [35] untersuchte 1967 die Behaglichkeitszone in Abhängigkeit von der geleisteten Arbeit an 210 weiblichen und 210 männlichen Probanden in standardisierter Kleidung von 0,5 clo.

Seine Ergebnisse:

Aktivitätsgrad	männlich			weiblich		
	U _Z	O _Z	BZ	U _Z	O _Z	BZ
niedrig	17,7 - 23,8°C (6,1)			19,4 - 23,8°C (4,4)		
mittel	15,5 - 22,7°C (7,2)			17,2 - 21,7°C (4,5)		
hoch	13,3 - 20,0°C (6,7)			13,9 - 16,7°C (2,8)		

Es fällt auf, daß die Behaglichkeitszone bei Frauen deutlich schmaler ist, besonders bei schwerer körperlicher Betätigung.

15.) SATO [53] untersuchte 1973 den Einfluß der Umgebungstemperatur und der Kleidung auf die Herzfrequenz und Atmung und stellte fest, daß unterhalb von 27°C bei leichter Kleidung die Atemfrequenz zunimmt und ab 25,5°C die Herzfrequenz beschleunigt wird (Steigerung des Stoffwechsels). Optimalbedingungen findet er bei einer Umgebungstemperatur von 27,2°C.

16.) SMITH [56] untersuchte 1977 die Behaglichkeitszone von Patienten in Krankenzimmern. Die optimale Lufttemperatur lag bei 21,5°C - 22°C, die relative Feuchte zwischen 30 % und 70 % und die Windgeschwindigkeit unter 0,1 m/s. Die Raumtemperatur sollte der Lufttemperatur entsprechen. Er benutzte auch die Skala mit 7 Wahlmöglichkeiten; nimmt man hier die Spanne zwischen 3,5 und 4,5 als Behaglichkeitszone, so ergibt sich eine Breite von 20,5°C bis 23,5°C.

17.) 1981 wurde von BOVENZI [7] in Italien eine Untersuchung an 54 Arbeitern mit der Fragestellung durchgeführt, welche physiologischen Unterschiede (Pulsfrequenz, Blutdruck, Kardiales Auswurfvolumen, peripherer Widerstand usw.) zwischen Übergewichtigen Personen und Normalgewichtigen bei Belastung durch große Hitze am Arbeitsplatz bestehen. Außer einer Zunahme der Herzfrequenz konnten keine signifikanten Unterschiede in der physiologischen Antwort des Körpers auf Hitzebelastung gefunden werden.

Abschließend sei erwähnt, daß die American Society of Heating and Ventilating Engineers laufend die thermische Komfortzone durch systematische Befragung von Versuchspersonen überprüft [20 + 29] und psychrometrische Tabellen aufstellt.

Dabei hat sich unter anderem gezeigt:

- a.) Die Behaglichkeitswerte haben sich im Laufe der Jahre dauernd nach oben verschoben (bessere Wohnqualität und Bekleidungsmöglichkeiten, gehobener Lebensstandard).
- b.) Starke individuelle Unterschiede erschweren die Festlegung zuverlässiger Behaglichkeitszonen.
- c.) Die behaglichen Temperaturen liegen im Sommer höher als im Winter.
- d.) Alter, Geschlecht, Ernährungs- und Bekleidungsitten haben einen wesentlichen Einfluß.

Mit diesen Erkenntnissen stehen sie in Widerspruch zu FANGER's Meinung, der die Behaglichkeitszone wesentlich unabhängig von solchen Faktoren sieht; gleichzeitig unterstützen die ASHVE -Ergebnisse die Behauptungen von NICOL (s.13), der das Behaglichkeitsempfinden als adaptiven Vorgang an Umweltbedingungen und persönliche Konstitution sieht.

IV.b) Vergleich der eigenen Untersuchungen mit voraus- gegangenen Arbeiten

Wie aus der aufgeführten Literatur ersichtlich und schon zuvor erwähnt, gibt es keine direkt vergleichbaren Untersuchungen.

Nehmen wir jedoch FANGER's [11] Ergebnisse als Orientierung für die Behaglichkeitszone - unter unseren Versuchsbedingungen - so zeigt sich, daß die von uns ermittelten Werte für alle Probanden in etwa seinen Werten für ein Normalkollektiv entsprechen. (vergl. Tabelle 9)

Dies gilt zumindest bei 0,1 clo Bekleidung. Bei 1,5 clo Bekleidung sind unsere Werte höher, wobei der Durchschnittswert aller Probanden annäherungsweise FANGER's Behaglichkeitszone entspricht.

Entgegen FANGER, der keine signifikanten Unterschiede zwischen Über- und Untergewichtigen feststellen konnte, lassen unsere Ergebnisse deutlich eine Abhängigkeit zwischen Gewichtszuordnung und Behaglichkeitszone erkennen. Der Grund kann sein, daß wir von vornherein ein ausgewähltes Probandenkollektiv untersuchten. Der durchschnittliche Ponderalindex (PI) lag einerseits bei 2,167 und andererseits bei 2,631; bei FANGER's statistischer Auswertung lagen die Ponderalindices bei 2,22 und 2,43.

Auch seine Behauptung, es bestehe kein Geschlechtsunterschied, können wir nach unserer Untersuchung nicht ganz unterstreichen. Zumindest bei den Untergewichtigen besteht ein signifikanter Unterschied bei $p = 0,05$

Tabelle 9:

Behaglichkeitszonen

nach FANGER

unsere Werte

 $I=0,0\text{clo}$, $rv=0,2\text{m/s}$, $rh=50\%$ $I=0,1\text{clo}$, $rv=0,5\text{m/s}$, $rh=70-50\%$ $28,8 - 30,4^{\circ}\text{C}$ Untergewichtige $28,5 - 30,5^{\circ}\text{C}$ Übergewichtige $24,9 - 30,7^{\circ}\text{C}$ alle Probanden $26,7 - 30,6^{\circ}\text{C}$

- die Werte auf konstant $rh=50\%$
 korrigiert [49]

Untergewichtige $29,2 - 30,5^{\circ}\text{C}$ Übergewichtige $25,8 - 30,7^{\circ}\text{C}$ alle Probanden $27,4 - 30,6^{\circ}\text{C}$ $I=1,5\text{clo}$, $rv=0,5\text{m/s}$, $rh=50\%$ $I=1,5\text{clo}$, $rv=0,5\text{m/s}$, $rh=70-50\%$ $20,0 - 24,0^{\circ}\text{C}$ Untergewichtige $21,6 - 26,1^{\circ}\text{C}$ Übergewichtige $16,4 - 25,5^{\circ}\text{C}$ alle Probanden $18,9 - 25,8^{\circ}\text{C}$

- die Werte auf konstant $rh=50\%$
 korrigiert

Untergewichtige $22,3 - 26,1^{\circ}\text{C}$ Übergewichtige $17,1 - 25,5^{\circ}\text{C}$ alle Probanden $19,6 - 25,8^{\circ}\text{C}$

(sowohl für die Mittentemperatur als teils auch für die Breite der thermischen Behaglichkeitszone) für beide Bekleidungsmodi. Somit wird YAGLOU's [65] Behauptung, daß das unterschiedliche thermische Verhalten von Männern und Frauen nur auf Bekleidungsgeohnheiten beruhe, fraglich, da auch bei 0,1 clo Bekleidung die untergewichtigen Probandinnen eine höhere mittl. Temperatur zeigten; andererseits konnten auch wir bei den Übergewichtigen Probanden keinen signifikanten Geschlechtsunterschied feststellen.

Eine Erklärung dieses Phänomens mag vielleicht darin liegen, daß die untergewichtigen Probandinnen nicht über mehr Fettmasse im Verhältnis zu Männern, wie allgemein üblich, verfügen und daß bei den Übergewichtigen die geschlechtsspezifische Verschiedenheit des subcutanen Fettgewebes, angesichts des ohnehin höheren Fettanteils, keine besondere Rolle spielt.

Diese Überlegung wird durch die Ergebnisse von HARDY und DuBOIS [24] leider nicht bestätigt.

Ungeachtet dessen hat auch McNELL [35] einen deutlichen geschlechtsspezifischen Unterschied feststellen können.

Vergleichen wir die Mittentemperatur aller Probanden unserer Studie mit den von MORSE [37] ermittelten Werten, so ergibt sich eine bemerkenswerte Übereinstimmung.

	Morse	unsere Werte
0,1 clo	28,3°C	28,7°C
1,5 clo	22,2°C	22,4°C

An unseren Untersuchungen nahmen nur deutsche Probanden teil, bis auf einen Übergewichtigen Mann, der Jugoslawe war.

Eigenartigerweise unterschied sich sein thermisches Verhalten von den anderen Übergewichtigen in soweit, daß er zwar eine etwa gleich große Breite der Behaglichkeitszone zeigte, die Behaglichkeits-Mittentemperatur (M_Z) aber mit $30,5^{\circ}\text{C}$ deutlich höher lag als bei den deutschen Übergewichtigen Probanden ($27,5^{\circ}\text{C}$).

Ob dies die Beobachtung von NICOL [41], der die thermische Behaglichkeit als einen adaptiven Vorgang an die Umgebungstemperatur sieht und geografische Unterschiede aufzeigt, bestätigt oder ob es sich um eine zufällige individuelle Variante handelt, muß offen bleiben.

Während des Versuchsablaufes haben wir keine psychophysischen Daten (Pulsfrequenz, Blutdruck, Atmung, Hauttemperatur usw.) erhoben. Deshalb ist kein Vergleich mit den hierzu erschienenen Arbeiten möglich.

Puls, Blutdruck und Temperaturmessung vor und nach der Untersuchung zeigten keinen Unterschied.

IV.c) Kritische Erörterung der eigenen Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Unsere Untersuchung hat aufgezeigt, daß im thermischen Verhalten eine Abhängigkeit von der Relation Körpergewicht zur Körpergröße (Broca-Index) besteht. Nimmt man den BI (Broca-Index) als Parameter, kann man sagen:

- die Behaglichkeits-Mittentemperatur verschiebt sich linear mit der Abweichung vom Normgewicht; sie ist dem BI umgekehrt proportional. -

Je Übergewichtiger ein Mensch ist, desto tiefer liegt seine Behaglichkeits-Mittentemperatur und um so breiter wird seine thermische Behaglichkeitszone, unabhängig von individuellen Schwankungen.

Streng genommen können wir diese Aussage nur für die von uns vorgegebenen Versuchsbedingungen ($r_h=50-70\%$, $r_v=0,5\text{m/s}$, $I=0,1\text{ clo}$ bzw. $1,5\text{ clo}$) verbindlich machen, doch ist die Übertragbarkeit auf andere Kombinationen dieser Einflußfaktoren sehr wahrscheinlich, da die Versuchsbedingungen mehr oder weniger willkürlich ausgesucht waren.

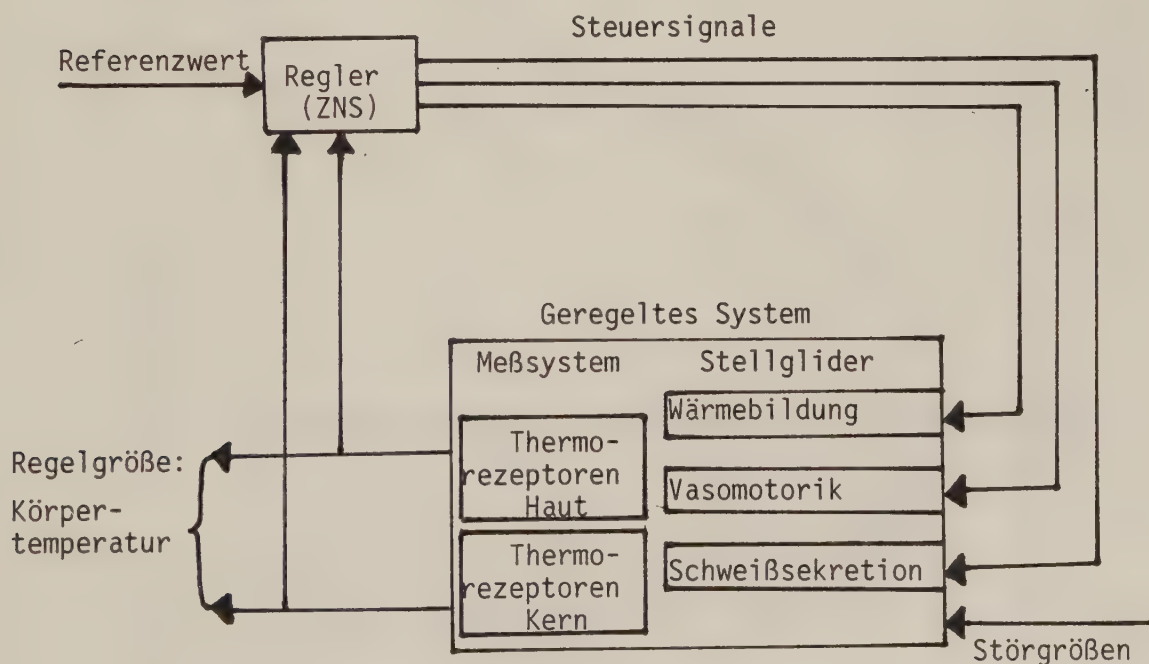
Auf die möglichen Störfaktoren oder systematischen Fehler wurde im Abschnitt II schon eingegangen.

Es stellt sich nun die Frage, wie sich das differente Verhalten von Unter- und Übergewichtigen physiologisch erklären läßt.

Nach GAGGE et al. [17] wird die Antwort des Körpers auf die Umgebungstemperatur allein durch die Hauttemperatur bestimmt, dies ist auch verständlich, da die Thermorezeptoren zum größten Teil in der Haut lokalisiert sind; die Existenz von zentralen, hypothalamischen Warmrezeptoren ist aber sehr wahrscheinlich. Die cutanen Kalt- und Warmrezeptoren vermitteln uns nicht nur die bewußte Wahrnehmung, sondern sie dienen wahrscheinlich auch als maßgebliche Fühler für die Thermoregulation des Organismus, dessen Ziel es ist, eine konstante Körperkerntemperatur zu erhalten.

Kybernetisch gesehen erfolgt folgende Regelung [54] :

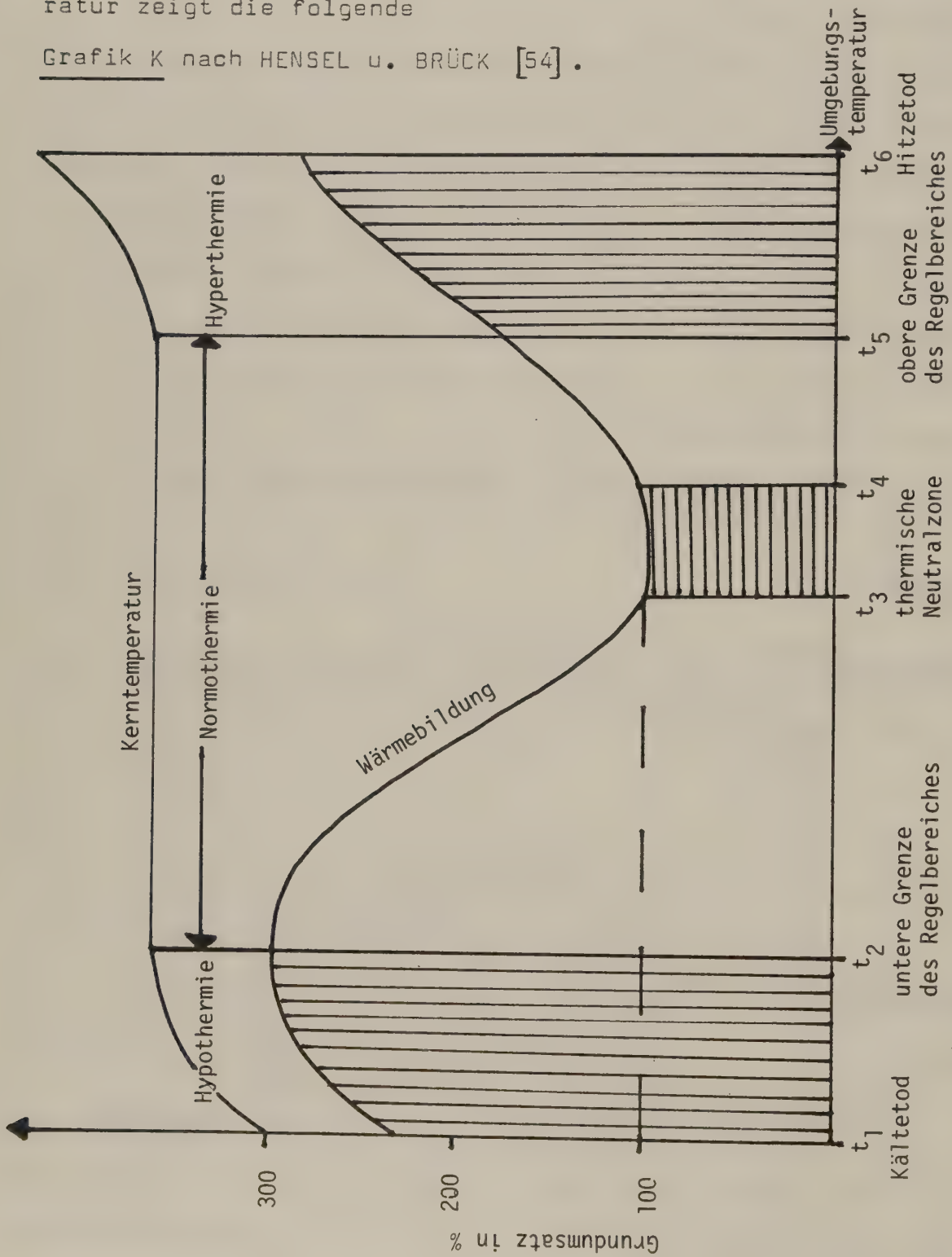
Grafik G



Das Regelsystem gilt für alle Menschen, unabhängig vom Körperbau.

Eine schematische Darstellung von Körpertemperatur und Wärmebildung, in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur zeigt die folgende

Grafik K nach HENSEL u. BRÜCK [54].



Man sieht, daß innerhalb der thermischen Neutralzone die Wärmebildung ein relatives Minimum hat (am niedrigsten bei Grundumsatzbedingungen).

Welche Unterschiede bestehen nun zwischen Über- und Unter- bzw. Normgewichtigen, die thermoregulatorisch relevant sind?

Die Körperschale ist dicker!

Literaturstellen über Adipositas:

1.) RIES [47]

Die Grundumsatzwerte des Fettsüchtigen sind erhöht.

Relation zwischen Ausmaß des Übergewichtes und dem Grundumsatz bei norm. O_2 -Bedarf: Z.B. Broca-Index + 50 $\hat{=}$ Grundumsatz + 30 %.

Die auf die Körperoberfläche (DuBOIS) bezogenen Grundumsatzwerte sind aber normal.

Mit Entwicklung der Fettsucht nimmt neben dem Fettgewebe auch die Muskelmasse zu (Kreatininausscheidung im Urin $\uparrow$), dennoch ist der Grundumsatz höher als sich allein durch die größere Muskelmasse erklären ließe (höhere Wärmeproduktion).

Der respiratorische Quotient ist im allg. über der Norm (0,8) bei 1;

Bei Umwandlung von KH zu Fett werden erhebliche Mengen von CO_2 frei, für die kein O_2 durch die Atmung zugeführt werden muß.

Für eine bestimmte Arbeitsleistung braucht ein Fettsüchtiger mehr Energie als ein Schlanker.

Die mittlere Hauttemperatur der Fettsüchtigen ist im allg. niedriger. Es besteht ein Zusammenhang zwischen Wärmedurchgangszahl und Wärmestromdichte und der Differenz zwischen Kerntemperatur und Hauttemperatur.

Die perspiratio insensibilis ist bei Dicken geringer.

Je dicker die Fettschicht, desto geringer ist die Durchblutung und desto schlechter ist die Leitfähigkeit des Gewebes, desto bessere Isolation.

2.) MARK [34]:

Die Steigerung des Sauerstoffverbrauchs unter Abkühlung ist bei Adipösen wesentlich geringer als bei Normgewichtigen.

Das subjektive Kältegefühl nach Entkleidung im abgekühlten Raum ($+9^{\circ}\text{C}$) ist bei der Mehrzahl der Fettsüchtigen gering; Adaptation ohne Kältezittern. Eine Steigerung des O_2 -Verbrauches bei Abkühlung ist spätestens nach 30 min. wieder normal.

Das Fettpolster ist ein außerordentlich schlechter Wärmeleiter. Der Endzustand, wie es die Sinnesphysiologen nennen, wird also viel später erreicht. Die Kälteempfindung ist eine geringere und viel kürzere oder fehlt ganz. Und so bleibt beim Fettsüchtigen die Alarmierung der Zentren für die chemische Wärmeregulation weg oder ist nur gering.

Die Stoffwechselsteigerung fehlt daher ganz oder ist nur gering, dies ist im Sinne einer Sollwertverstellung zu verstehen.

3.) ASCHOFF [1, 32]: Kern und Schale

Der Abstrom der Wärme erfordert ein Temperaturgefälle. Dieses muß desto größer sein, je größer der Wärmewiderstand zwischen Kern und Umgebung ist. In den Widerstand gehen drei Größen ein: Die Fläche, durch die die Wärme nach außen treten kann, die Dicke der Schicht, durch die sie geleitet werden muß und die Wärmeleitzahl dieser Schicht.

Das Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen erweist sich als eine der entscheidenden Größen für die Wärmeabgabe. Im Normalfall muß rund 75 % der im Rumpf gebildeten Wärme konvektiv über die Extremitäten verteilt werden.

Die Temperatur steigt von außen nach innen zunächst steil, dann immer flacher an. Die Dicke der Schale kann beträchtlich variieren.

Die Isolationskraft der Schale wächst mit sinkender Hauttemperatur und umgekehrt. Die Wärmeleitzahl der Schale wird von außen nach innen größer.

Die Schale dient mit ihrer Masse und ihrer Oberfläche überwiegend der Steuerung des Wärmeverlustes, nur in besonderen Fällen der Wärmebildung und der Perzeption.

Der Kern dient Überwiegend der Wärmebildung und der Perzeption. Die Wärmebildung im Kern ist 20 mal größer als im Schalengewebe. Die Schale ist der Kühler für den Heizkörper Kern.

Daraus ergibt sich für uns folgende Deutung unserer Beobachtung:

Durch die größere Isolation des Kerns durch die adipöse Schale (Wärmewiderstand hoch) muß zum Abstrom der Wärme ein größeres Temperaturgefälle zur Umgebung hin bestehen. Außerdem ist der Grundumsatz bei Adipösen höher, dies bedeutet mehr Produktion von Wärme, die abgeleitet werden muß. Deshalb liegt beim Übergewichtigen die Hauttemperatur niedriger. Bei gleicher Umgebungstemperatur ist also die Differenz zwischen Haut- und Umgebungstemperatur bei Adipösen kleiner als bei Norm- oder Untergewichtigen. Nach GAGGE [17] und ASCHOFF [1] kann ein unbedeckter Mensch Temperaturunterschiede zwischen Haut- und Umgebung bis zu 4°C tolerieren, bevor ein Kältegefühl einsetzt, demzufolge bei Adipösen erst bei tieferen Umgebungstemperaturen.

Bei Übergewichtigen liegt also eine andere Sollwert-einstellung (Hauttemperatur) bzw. Ansprechbarkeit der cutanen Thermorezeptoren als bei Normgewichtigen vor, aus der sich die tiefere Behaglichkeits-Mittentemperatur erklärt.

Die größere Breite der Behaglichkeitszone kann dadurch erklärt werden, daß sich die Wärmedurchgangszahl mit der Außentemperatur bzw. der Hauttemperatur ändert, d.h. das Wandern der 37°C Isotherme von der Tiefe an die Oberfläche, normalerweise erst bei Temperaturen oberhalb der Behaglichkeitszone, doch kann es sein, daß bei Adipösen dadurch die Variationsbreite auch im thermischen Neutralbereich schon größer ist.

Mit wachsender Durchblutung werden Teile der Körperschale konvektiv "überbrückt", so daß die Dicke des Isoliermantels abnimmt.

Das Unterhautfettgewebe trägt um so mehr zur Isolationskraft der Schale bei, je mehr die Gefäße mit sinkender Temperatur gedrosselt werden. Bei nackten Versuchspersonen fällt die mittlere Hauttemperatur desto mehr und die Kerntemperatur desto weniger, je dicker die Fettpolster sind [32].

Einen zweiten Aspekt bietet die Tatsache, daß 75 % der im Rumpf gebildeten Wärme über die Extremitäten abgeleitet wird (hier liegt die Hauttemperatur meistens auch niedriger). Die Adipösen verteilen ihre Fettmassen aber zumeist auf die Rumpfpartie und die Wärmetoleranz der Extremitäten ist ähnlich groß wie bei Normgewichtigen. Wie schon oben erwähnt, ist der Grundumsatz bei Dickleibigen größer.

Laut Grafik K ergibt sich daraus auch eine breitere Neutralzone vornehmlich zu tieferen Temperaturen hin.

ASCHOFF schreibt dazu, daß neuere Untersuchungen ergeben haben, daß im Innern des Körpers nur Anstieg der Temperatur (Über einen -verstellbaren - Schwellenwert?), nicht dagegen Abnahme der Temperatur entsprechende Gegenregulation in Gang setzen. Dennoch würde das System so arbeiten, daß zentrale Meßstellen Maßnahmen gegen Überwärmung, oberflächliche solche gegen Unterkühlung einleiten, was einem komplizierteren Regelvorgang als dem oben genannten (Grafik G) entsprechen würde.

Die obere Grenze der Behaglichkeitszone kann also bei allen Menschen, unabhängig vom Isolationswert der Körperschale, als annähernd gleich angenommen werden.

Auf diese Weise läßt sich auch die geringere Breite der thermischen Behaglichkeitszone bei Untergewichtigen erklären, bei etwa gleicher oberer Grenze.

Daß die Breite der thermischen Behaglichkeitszone mit der Kleidung zunimmt ist einsichtig, da Textilien auf der Haut ein Mikroklima schaffen. Die regionalen Temperaturunterschiede zwischen Rumpf und Extremitäten werden geringer, besonders bei günstig isolierender Luftschicht zwischen Haut und Kleidung. Die Behaglichkeits-Mittentemperatur sinkt, bei gleichzeitiger Verbreiterung der Behaglichkeitszone, da die cutanen Thermorezeptoren, die als Proportionalitätsfühler auf Änderung der Temperatur reagieren, besser geschützt sind.

Die regulatorischen Vorgänge bei Isolierung durch Kleidung oder durch eine dickere Körperschale sind also verschieden; wenn auch die Aussage aus der Einleitung:

"Der Dicke verhält sich wie der Dünne im Winterpelz" bestätigt werden kann.

- Der Dicke schwitzt zwar nicht schneller als der Dünne, doch friert er nicht so schnell. -

Die Deutung der von uns erkannten Phänomene ist im einzelnen z.T. spekulativ aus Untersuchungen der verschiedenen Autoren abgeleitet und soll nur als mögliches physiologisches Korrelat aufgefaßt werden.

Schlußbemerkung:

Ein Drittel der Energien in der Welt werden dazu gebraucht, eine thermische Behaglichkeit für den Menschen zu sichern [27]. Angesichts der immer knapper werdenden Energiereserven ist es daher nicht nur für den medizinischen Bereich von Bedeutung, die Behaglichkeitszone genau zu definieren, um unnötige Überhitzung von Räumen zu vermeiden. Andererseits werden immer mehr Gebäude voll klimatisiert. Um möglichst allen Menschen, die sich in solchen künstlichen Klimata aufhalten müssen, dies so angenehm wie möglich zu machen, muß man die Normen kennen, die zu einem behaglichen Klima führen und Einfluß- und Störfaktoren ermitteln.

Neben den individuellen Unterschieden im thermischen Empfinden, die schwer ausgleichbar sind, ist es von besonderem Interesse, Einflüsse, die von außen kommen oder physiologischerweise im Individuum selbst liegen bzw. einzelne Gruppen betreffen (in unserem Fall Über- und Untergewichtige) genau zu untersuchen.

In diesem Zusammenhang sehen wir auch unsere Arbeit und stellen sie als kleinen Beitrag in eine Reihe von umfangreichen Untersuchungen, die Reaktionen des Organismus auf die Komplexgröße Klima zu erfassen und für den Menschen nützliche Schlüsse daraus zu ziehen.

V. Zusammenfassung:

In einer geeigneten Klimakammer mit einer rel. Luftfeuchte von 50 % und einer rel. Luftgeschwindigkeit von 0,5 m/s wurden die thermischen Behaglichkeitszonen von 10 Übergewichtigen (Broca-Index + 30) und 10 untergewichtigen Probanden (Broca-Index - 30) einmal mit 0,1 clo Bekleidung und einmal mit 1,5 clo Bekleidung bei sitzender Tätigkeit (Brutto-Energieumsatz 50 Kcal/h m^2) bestimmt.

Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:

- Die Behaglichkeits-Mittentemperatur liegt bei Übergewichtigen niedriger als bei Untergewichtigen
- Gleichzeitig zeigen die Übergewichtigen eine größere Breite der thermischen Behaglichkeitszone
- Die Behaglichkeitszonenbreite korreliert positiv und eng mit der prozentualen Abweichung des tatsächlichen Gewichtes vom Normgewicht nach Broca, mit dem Kauperschen Index und mit dem Ponderal-Index, weniger gut mit der Körperoberfläche
- Die Behaglichkeitszonenbreite nimmt mit der Bekleidung zu
- Bei den Untergewichtigen sind auch geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich Lage und Breite der Behaglichkeitszone zu vermuten

Literaturverzeichnis:

1. ASCHOFF, J.: Kern und Schale im Wärmehaushalt des Menschen
- Naturwiss. 45, 477-485 (1958)
1. BERGMANN, -: Nichtchemischer Beitrag zur Kritik der Lehre
vom Calor animals
- Arch. Anat. Physiol. (wiss.Med.) 303-319 (1845)
3. BAHNER, F.: Fettsucht und Magersucht
- in: Handbuch der Inneren Medizin
Hrsg. vom G.v. Bergmann, W.Frey u. H. Schwiegh
4. Aufl. Bd. 7
Berlin, Springer (1960)
4. BEDFORD, T.: Skin temperature in relation to the warmth
of the enviroment
- J. Hyg. (Camb) 35, 307-317 (1935)
5. BERNHARDT, H.: Fettleibigkeit
- Stuttgart, Ferdinand Enke (1955)
6. BLACK, F.W.: Desirabel temperature of offices
- J. Instr. Heat. Vent. 61, 22, 319-352 (1954)
7. BOVENZI, M., PETRONIO, L.: Influenza del Peso Corporeo Sulla
risposta Cardiocircolatoria
Nell'Esposizione al Calore
- Med. Lav. 69, 4, 483-490 (1978)

8. BROMAN, DAHLBERG et al.: Weight in relation to height
- Acta paed. 30, 34-39 (1942)
9. ČABÁK, L.: Problematika klimatizácie v textilnom
priemysle
- Zdravotní Technika a Vzduchotechnika,
Ročník 16, 135-148 (1973)
10. DIEBSCHLAG, W., MAUDERER, V., NOCKER, W.:
Thermophysiological Aspekte der
Arbeitskleidung
- Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed.
ASP 177, 2-4 (1981)
12. FANGER, P.O. u. LANGKILDE, G.:
Interindividual differences in ambient
temperatures preferred by seating persons
- A.S.H.-V.E. Trans. 81,21, 140-147 (1975)
11. FANGER, P.O.: Thermal comfort
- New York, Mc. Graw-Hill Book comp. (1970)
13. FANGER, P.O. u. VALBJØRN, O.:
Indoor climate
- Symposium 1st, Copenhagen, Danish Building
research Institute, 1978
14. FLEWELLEN, E.H.: Ponderal index- quantifying obesity
- J. Am. Med. Ass. 241, 884-889 (1979)

16. FRANKENHÄUSER, -. : Die klimatischen Faktoren
in ärztlicher Betrachtung
- Med. Klin. 22, 855-857 (1911)
17. GAGGE, A.P., WINSLOW, A., HERRINGTON, L.P.:
The influence of clothing on the
physiological regulation of the human
body to varying enviromental temperatures
- Am. J. Physiol. 124, 30-50 (1938)
18. GARROW, J.S.: Energy balance and obesity in man
- Philadelphia, North-Holland Publishing
comp. (1974)
19. GEIGY-CIBA : Wissenschaftliche Tabellen
- Nr 7 (1972)
20. GRANDJEAN, E.: Die physiologische Gestaltung
des Raumklimas
- VDI-Berichte Nr. 106, 29-35 (1966)
21. GRIES, F.A., BERCHTOLD, P., BERGER, M.:
Adipositas
- Berlin, Springer (1976)
22. HAEFS, K.: Untersuchung über das Blutvolumen, die extra-
zelluläre Flüssigkeit und das Gesamtkörperwasser
bei Fettsüchtigen
- Diss. Med. Fakultät Düsseldorf (1972)

23. HAGENAU, D.: Raumtemperaturregelung und Behaglichkeit
- H.L.H. 21, 5, 157-160 (1970)
24. HARDY, F.D. u. DuBOIS, E.F.:
Differences between men and women in their
respomse to heat and cold
- Nat. Acad. Sci. 26, 389-398 (1940)
25. HAYNE, Cr.: Thermal comfort
- Occup. Health Saf. 257-266 (1981)
26. HEITKAMP. H.C.: Körperzusammensetzung bei Adipositas
- Diss. Med. Fakultät Tübingen (1977)
27. HETTINGER, Th., MÜLLER, B., EISSING, G.:
Klima - Behaglichkeit - Erträglichkeit -
Zumutbarkeit
- Docum. Arbeitswiss. 3, 2-78 (1981)
28. HOENKE, K.: Über den Zusammenhang zwischen Konstituionstyp
und Klimatypus bei Eingeborenen warmer Länder
- Erlangen, Werk-Verlag, Dr. E. Banaschewski (1948)
29. HOUGHTEN, F.C. and YAGLOU, C.P.:
Determination of the comfortzone
- A.S.H.-V.E. Trans. 29, 361-384 (1923)

30. KARACAN, I., THOERNBY J.I., et al.:
Effects of high ambient temperature on
sleep of young men
- Aviant. Space Environ. Med. 7, 855-860 (1978)
31. KOCH, K.W., JENNINGS, B.H. u. HUMPHREYS! C.M.:
Is humidity important in temperature
comfort range?
- A.S.R.A.E. J. 66, 63-68 (1960)
32. LANDOIS - ROSEMAN : Lehrbuch der Physiologie
- 28. Auflg. Bd.1
Berlin, Urban u. Schwarzenberg (1960)
33. LIESE, W.: Behaglichkeit - hygienische Bedeutung und
klimatisches Normativ
- Ges. Ing. 91, 94-100 (1970)
34. MARK, R.: Die chemische Wärmeregulation bei der
Fettsucht
- Arch. Klin. Med. 162, 358-370 (1928)
35. McNALL. P.E., JAAX, J. et al.:
Thermal comfort (thermal Neutral) conditions
for three levels of activity
- A.S.H.R.A.E. Trans. 73, I.3.1-I.3.14 (1967)

36. MECHEELS, J.: Arbeitskleidung als quasiphysiologisches System
- Der Kassenarzt 20, 1404-1412 (1980)
37. MORSE, R.N.: Rational basis for human thermal comfort
- A.S.H.R.A.E. J. 9, 72-77 (1967)
38. MOURET, P.: Somatische Stoffwechselbefunde bei exessiver Fettsucht
- Diss. Med. Fakultät Wien, 1980
39. NEMECEK, J.: Zusammenhänge zwischen Lärmpegel, Lärm-
sörung und individuellen Einflußfaktoren
- Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie
Eidg. Technische Hochschule Zürich
Docum. Arbeitswiss. 2, 77-81 (1981)
40. NEWBURGH, L.H.: Physiology of heat regulation and the
science of clothing
- Philadelphia, Saunders Co. (1949)
41. NICOL, J.F., HUMPHREYS, M.A.: Thermal comfort as part
of a self-regulating system
- Proceedings of CIB Symposium on thermal
comfort Building Research Station, 263-274
London, Sept. 1972
42. OLESEN, B.W.: Thermal comfort
- Tech. Rev. 2, 3-41 (1982)

43. PIEKARSKI, C.: Gesundheitliche Auswirkungen klimatischer Belastungen am Arbeitsplatz
- Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund
Docum. Arbeitswiss. 2, 3-62 (1981)
44. PREUSCHEN, G.: Betrachtungen über Berufs- und Arbeitskleidung
- Zbl. Arbeitsmed. 2, 15-50 (1977)
45. RANKE, O.: Wärmeregulation bei Kälte
- Klin. Wochenschr. 22, 6, 113-116 (1943)
46. REPIN, B.N., SHAMARIN, V.N.:
Physio-hygiene evaluation of electric radiant heating at low air temperatures
- Institut für Arbeitshygiene und Berufskrankheiten der Akademie für Medizinische Wissenschaften der UdSSR an der Universität Moskau
Docum. Arbeitsmed. 4, 16-19 (1981)
47. RIES, W.: Fettsucht
- Leipzig, Johann Ambrosius Barth (1970)
48. RITSCHEL/REISS: Heiz- und Klimatechnik
2. Auflg. Bd.1
Berlin, Springer (1977)

49. RITZ, P.: Der Stellenwert der Luftfeuchtigkeit
für die thermische Behaglichkeit
- Diss. Med. Fakultät Düsseldorf (1982)
50. ROHLES, F., JOHNSEN, M.A.: Thermal enviroment
conditions for human occupancy
- A.S.H.R.A.E. Stand. 55-81
inc. Atlanta USA (1981)
51. RUBBLACK, K. et al.: Integrative Bewertung der
Wärmebelastung durch Arbeit und Klima
- aus dem Zentralinstitut für Arbeitsmedizin
der DDR, Berlin
Z. ges. Hyg. 27, 12-18 (1981) H. 1
52. RUBNER, M.: Zur Bilanz unserer Wärmeökonomie
- Arch. Hyg. 27, 69-77 (1896)
53. SATO, M., MORISE, S. et al.: Effekts of moderate
changes in air temperature and clothing
on pulmonary exchange and energy metabolism
- J. Hum. Ergol. 2, 159-167 (1973)
54. SCHMIDT/THEWS: Physiologie des Menschen
19. Auflg.
- Berlin, Springer (1977)
55. SIEGENTHALER, W.: Klinische Pathophysiologie
3. Auflg.

56. SMITH, R.M. and RAE, A.: Thermal comfort of patients
in hospital ward areas
- J. Hyg. (Camb.) 78, 17-26 (1977)
57. STORM, R.: Wahrscheinlichkeitsrechnung,
mathematische Statistik,
statistische Qualitätskontrolle
- Leipzig, VEB Fachbuchverlag (1967)
58. VALENTIN, H.: Arbeitsmedizin
2. Auflg. Bd. 1, 151-158
- stuttgart, Georg-Thieme (1979)
59. VERNON, H.M.: The measurment of radiant heat in
relation to human comfort
- J. Ind. Hyg. 14, 95-111 (1982)
60. VOGT, J.J.: L'ambiance therminique de travail
- Arch. Mal. Prof. (...) 40, No 1-2, 131-172 (1979)
61. WENZEL, G.: Die Wirkung des Klimas auf den arbeitenden
Menschen
-In: Handbuch der Arbeitsmedizin
Hrsg. W. Baader
1. Auflg. Bd. 4/1 , 554-575
Berlin, Urban u. Schwarzenberg (1963)
62. WENZEL, G.: Klima und Arbeit
- München, Bayerisches Staatsministerium
für Arbeit und Sozialwesen (1988)

63. WYON, D.P.: Thermal comfort during surgical operations
- J. Hyg. (Camb) 66, 229-248 (1968)

64. YAGLOU, C.P., KRATZ, A.P.: Instruments and methods for
recording thermal factors affecting human
comfort
- J. Am. Publ. Health Supp. 29, 62-67 (1939)

65. YAGLOU, C.P., MESSER, A.: The importance of clothing
in air conditioning
-J. Am. Med. Ass. 117, 15: 1261-1262 (1958)

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für
Arbeitsmedizin der Universität Düsseldorf unter
Leitung von

Herrn Professor Dr. Dr. G. Jansen
durchgeführt, dem ich für die freundliche
Überlassung des Themas und Förderung dieser
Arbeit danke.

Herrn Dr. L. Terhaag danke ich besonders
herzlich für die stetige Betreuung und die
zahlreichen nützlichen Anregungen.

Ebenso gilt mein Dank Frau E. Kothe für die
Beratung bei der statistischen Auswertung
der Ergebnisse.

Lebenslauf

Am 4. Oktober 1954 wurde ich als zweite Tochter des
Werkmeisters Otto Winzer und dessen Ehefrau Lore,
geb. Rehfuß, in Langschede - heute Fröndenberg -
geboren.

Ostern 1961 erfolgte die Einschulung in die dortige
Gemeinschaftsschule. Nach fünf Volksschuljahren
wechselte ich zur Städt. Realschule Menden, wo ich
1971 mit der Mittleren Reife abschloß.

Danach besuchte ich für weitere drei Jahre das
Städt. Walram-Gymnasium Menden und legte dort 1974
die Reifeprüfung ab.

Im Oktober desselben Jahres begann ich am Marien-
hospital Wickede-Wimbern die Ausbildung zur Kranken-
schwester und machte 1977 das Krankenpflege-Examen.

Zum Sommersemester 1978 nahm ich an der Universität
Düsseldorf das Studium der Humanmedizin auf.

Nach Ablegung des Ersten Ärztlichen Staatsexamens
wurde ich im Mai 1981 Doktorandin am Institut für
Arbeitsmedizin.

